

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

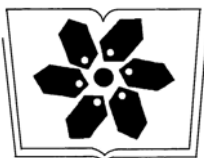
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第6期 Vol.34 No.6 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 6 期 2014 年 3 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 全球气候变暖对凋落物分解的影响..... 宋 飘,张乃莉,马克平,等 (1327)
- 从系统到景观:区域物质流分析的景观取向 张晓刚,曾 辉 (1340)
- 论湿地生态系统服务的多维度价值评估方法..... 宋豫秦,张晓蕾 (1352)
- 保幼激素在昆虫中的分子作用机理..... 金敏娜,林欣大 (1361)
- 岩画和壁画类文物微生物病害研究进展..... 李 强,葛琴雅,潘晓轩,等 (1371)
- 基于 3S 技术的图们江流域湿地生态安全评价与预警研究 朱卫红,苗承玉,郑小军,等 (1379)
- 跨界保护区网络构建研究进展..... 王 伟,田 瑜,常 明,等 (1391)

个体与基础生态

- 速生树种尾巨桉和竹柳幼苗耗水特性和水分利用效率..... 邱 权,潘 昕,李吉跃,等 (1401)
- 三种增温情景对入侵植物空心莲子草形态可塑性的影响..... 褚延梅,杨 健,李景吉,等 (1411)
- 气象要素及土壤理化性质对不同土地利用方式下冬夏岩溶作用的影响 刘 文,张 强,贾亚男 (1418)
- 施用纳米碳对烤烟氮素吸收和利用的影响..... 梁太波,尹启生,张艳玲,等 (1429)
- 基于 Voronoi 图的林分空间模型及分布格局研究 刘 帅,吴舒辞,王 红,等 (1436)
- 近自然毛竹林空间结构动态变化..... 仇建习,汤孟平,沈利芬,等 (1444)
- 基于种实性状的无患子天然群体表型多样性研究..... 刁松峰,邵文豪,姜景民,等 (1451)
- 不同林分起源的相容性生物量模型构建..... 符利勇,雷渊才,孙 伟,等 (1461)

种群、群落和生态系统

- 毛竹材用林林下植被群落结构对多花黄精生长的影响..... 樊艳荣,陈双林,杨清平,等 (1471)
- 温度和 CO₂ 浓度升高下转 *Bt* 水稻种植对土壤活性碳氮和线虫群落的短期影响
..... 陈 婧,陈法军,刘满强,等 (1481)
- 中国东北地区近 50 年净生态系统生产力的时空动态 李 洁,张远东,顾峰雪,等 (1490)
- 遥感与 GIS 支持下的盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价..... 董张玉,刘殿伟,王宗明,等 (1503)
- 秦岭火地塘林区土壤大孔隙分布特征及对导水性能的影响..... 陆 斌,张胜利,李 侃,等 (1512)
- 磷浓度对铜绿微囊藻、大型溞和金鱼藻三者相互作用的影响..... 马剑敏靳 萍,郭 萌,等 (1520)
- 普生轮藻浸提液对两种淡水藻类的化感抑制作用及其数学模型..... 何宗祥,刘 璐,李 诚,等 (1527)
- 北京永定河-海河干流河岸带植物的区系分析 修 晨,欧阳志云,郑 华 (1535)
- 基于河流生境调查的东河河流生境评价..... 王 强,袁兴中,刘 红,等 (1548)

景观、区域和全球生态

应用 SWAT 模型研究潮河流域土地利用和气候变化对径流的影响 郭军庭,张志强,王盛萍,等 (1559)

长白山不同海拔树木生长对气候变化的响应差异..... 陈 力,尹云鹤,赵东升,等 (1568)

石家庄市空气花粉散布规律及与气候因子的关系..... 李 英,李月丛,吕素青,等 (1575)

不同放牧梯度下呼伦贝尔草甸草原土壤碳氮变化及固碳效应..... 闫瑞瑞,辛晓平,王 旭,等 (1587)

南四湖区农田土壤有机质和微量元素空间分布特征及影响因素..... 武 婕,李玉环,李增兵,等 (1596)

资源与产业生态

跨国土地利用及其生态影响 陆小璇 (1606)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2014-03



封面图说: 图们江河流中段——图们江位于吉林省东南边境,发源于长白山东南部的石乙水,河流的绝大部分是中国与朝鲜的界河,下游很小一段为俄罗斯与朝鲜的界河,并由这里流入日本海,我国珲春距离日本海最近的地方仅有 15km。图们江是我国重要的国际性河流之一,随着我国经济的迅速崛起,图们江地区进入到多国合作联合开发阶段,湿地生态系统处于中度预警状态,并有向重度预警发展的趋势,生态安全面临的威胁越来越严重。对该区域进行湿地生态安全评价与预警研究,可为图们江流域生态环境的可持续发展提供依据。图中河道的远方为朝鲜、河道近方为中国。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@ 163.com

DOI: 10.5846/stxb201210251482

修晨, 欧阳志云, 郑华. 北京永定河-海河干流河岸带植物的区系分析. 生态学报, 2014, 34(6): 1535-1547.

Xiu C, Ouyang Z Y, Zheng H. Flora analysis of riparian vegetation in Yongding-Haihe river system, China. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(6): 1535-1547.

北京永定河-海河干流河岸带植物的区系分析

修 晨, 欧阳志云*, 郑 华

(中国科学院生态环境研究中心, 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085)

摘要:探讨了北京永定河-海河干流河岸带植物区系特征。结果表明, 河岸带植被中共有维管束植物 37 科 100 属 134 种, 其中包括种子植物 36 科 100 属 133 种, 蕨类植物 1 科 1 种。北京永定河-海河干流河岸带植物种类比较丰富, 其中, 在科的组成结构上, 植物种类主要集中于少数几个大科如禾本科和菊科, 而多数科只有少数种或单种。在属的组成结构上, 主要以单种属和小属为主。对其中种子植物的植物区系分布类型在种级水平上进行了分析, 结果表明: 河岸带共有 4 大类区系性质成分和 16 个地理成分类型, 总体呈温带特性, 各类温带分布类型 67 种, 占河岸带植物总种数的 50%。各河段河岸带植物区系结构存在差异: 永定河山峡段与海河干流段区系结构比较相近, 各结构在植物种所占比例上的排序为温带类>世界类>热带类>亚洲类; 而大部分长期干涸的永定河平原段, 则温带类>热带类>世界类>亚洲类。

关键词:植物区系; 植物群落; 河段; 乡土植物; 外来植物

Flora analysis of riparian vegetation in Yongding-Haihe river system, China

XIU Chen, OUYANG Zhiyun*, ZHENG Hua

State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Abstract: Anthropogenic modifications of river systems mainly happen in riparian ecosystem, especially in the flora. It is well-known that alterations of the hydrological regime and its interactions with natural environmental parameters determine the riparian vegetation composition. This study was conducted in riparian zone of the Yongding-Haihe river system, which is about 270 km long, with a drain catchment about 3600 km², strongly anthropogenically impacted river flowing into the capital Beijing and Tianjin, China. Several sections of this river have been dried-out for several years due to water abstraction in the catchment. Streambed elevation ranges from 10 m to 300 m (above the sea level). The study area is characterized by a semi-arid continental climate in the warm temperate zone and has an annual temperature of 12—13 °C. The long-term mean annual precipitation ranges from 400 to 600 mm. It is dominated by the Asian summer monsoon from July to September that accounts for about 70% of annual precipitation.

This study aims to identify the flora characteristics of riparian vegetation in Yongding-Haihe river system and the differences of flora between three river sections. Plant composition has been surveyed in 17 experimental sites along Yongding-Haihe river system. 5 sites were selected in the mountain section and 5 sites were selected in Haihe section, other 7 sites were located in the plain section. In each site, we used transect to set plots following the line from riverside to the highland, the distance is 5 m between two plots nearby. In this study, the size of herb plots is 1m×1m, while 5 m×5 m for shrub plots and 10m×10m for tree plots, which are typical sampling sizes for vegetation survey in Northern China. The native plants and alien plants have been also indentified from the species list in each plot based on the Flora of China and Flora of Beijing. The flora composition of the entire river and different river sections were analyzed. In order to better

基金项目:国家自然科学基金重点项目(41030744); 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2006CB403402); 科技部国家重点实验室专项经费项目(SKLURE2008-1-01)

收稿日期: 2012-10-25; 修订日期: 2013-04-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zyouyang@rcees.ac.cn

describe and reflect the flora characteristics of wetland plant species, we preferred to analyze the flora composition on the species level rather than genera level.

There are 134 vascular plants from 100 genera and 37 families, including 1 fern species and 133 spermatophyte species. The major families are *Gramineae* and *Compositae* and the major genera is *Artemisia*. The flora of riparian vegetation in Yongding-Haihe river system had 16 geographical components falling into 4 main component categories (i.e. temperate, tropical, cosmopolitan, and Asian). 50% of the species are of the temperate type. It indicates that the flora of riparian vegetation is mainly characterized by temperate components. In addition, the results also show that the flora is different among the three river sections. Yongding Mountain and Haihe river section have similar composition: Temperate > Cosmopolitan > Tropical > Asian; whereas Yongding Plain section which has been cut off from river flow for many years shows a different composition: Temperate > Tropical > Cosmopolitan > Asian. We conclude that the flora of riparian vegetation in Yongding-Haihe river system has a temperate characteristic. Our results also highlight that the differences of flora composition in Yongding plain section due to the displacement of native plant species.

Key Words: flora; plant community; river section; native plant species; alien plant species

植物区系是某一地区(或是某一时期,某一分类群)的所有植物的总和,是植物界在一定自然地理环境,特别是自然历史条件综合作用下,发展演化的结果,是自然地理环境的反应及植物分类的重要依据^[1-3]。河岸带介于陆地与河流之间的过渡地带,是指从水-陆交界处至河水影响消失的地带,是重要的生态交互作用区^[4-5]。由于河岸带特殊的地理位置,这里成为受水环境强烈影响的陆地生境,因此它们具有独特的时空结构和生态功能。河岸带植被是河流两旁特有的植物群落,是介于河溪和高地植被之间的典型生态过渡带,具有明显的边缘效应和丰富的生物多样性。因此,研究河岸带植物区系,对于了解河岸带植被特征,反映水文变化背景下植被分布变化特征,具有十分重要的意义。

尽管国内学者对湿地植物区系有过较多的研究^[6-9],但是单独针对河岸带的相关研究较少^[10-12]。目前河岸带植被研究及其生态恢复已渐渐成为生态学研究的一个热点,因此分析河岸带植物区系,并与当地地区植物区系进行对比研究,将其中的差异与河岸带特殊的生境和结构结合,对于植物区系和河岸带植被都有重要的意义。本研究以海河流域主要的支流,连接北京和天津的永定河-海河干流河岸带为研究对象,在系统的河岸带植被调查的基础上,借助植物分类等级区系的构成成分分析,旨在反映海河流域水文变化背景下,河岸带植物区系的特征及其与地区植物区系的关系。

1 研究地区

永定河-海河干流河系位于 $38^{\circ}59'—40^{\circ}14'N$, $115^{\circ}35'—117^{\circ}42'E$, 流经北京,天津和河北,全段包括永定河山峡段、永定河平原段和海河干流 3 段,河岸带海拔为 1.70—300 m 之间。该河系全长为 270 km,流域面积约 3600 km²,属于海河流域的一部分,是华北地区最大的河流之一^[13]。永定河珠窝水库至三家店段为山峡段,全长 70 km。这一段坡降较大,河流较窄,水能资源丰富,植被覆盖度较差;三家店至屈家店枢纽,为永定河平原段,平原河道全长约 140 km。由于上游水库拦蓄和地下水水位的下降等原因,该段河道在平水年干涸十分严重,大部分河道已近 30 年无水。屈家店枢纽至入海口为海河干流,全长约 60 km。此段为上游多条河流汇入的主河道,河道宽阔,流经天津全域后入渤海。其中,山峡段和海河干流段的平均流速分别为 808 m³/s 和 3275 m³/s。该流域地区气候具有明显的暖温带、半湿润大陆性季风气候特征,年降水量在 400—600 mm 之间,7 月至 9 月降水量占全年降水量的 70%以上^[14]。

2 研究方法

2.1 植被调查

自 2009 年 8 月至 9 月,对永定河-海河干流河岸带植物群落进行了植被调查。根据环境和植被的代表性原则,本研究在永定河-海河干流河岸带上共选取了 17 处样地,其中山峡段 5 个,平原段 7 个,海河

干流段 5 个(图 1)。在每一个样地按照样带法,从河滩处开始每隔 5 m 设置 1 个样方,至河岸带边缘(距离河滩处不超过 100 m)。其中,草本样方为 1 m×1 m,灌木为 5 m×5 m,乔木为 10 m×10 m。本调查所涉及的主要指标分别为:1)乔木的种名,株数,冠幅;

2)灌木的种名,株数,冠幅;3)草本的种名,株数。对于草本植物的株数的计量,如果草本植物成丛生型或莲座型生长,则分开计算株数;如果草本植物大片分布,则调查代表性的 25 cm×25 cm 面积中的株数再按面积推算样方株数。

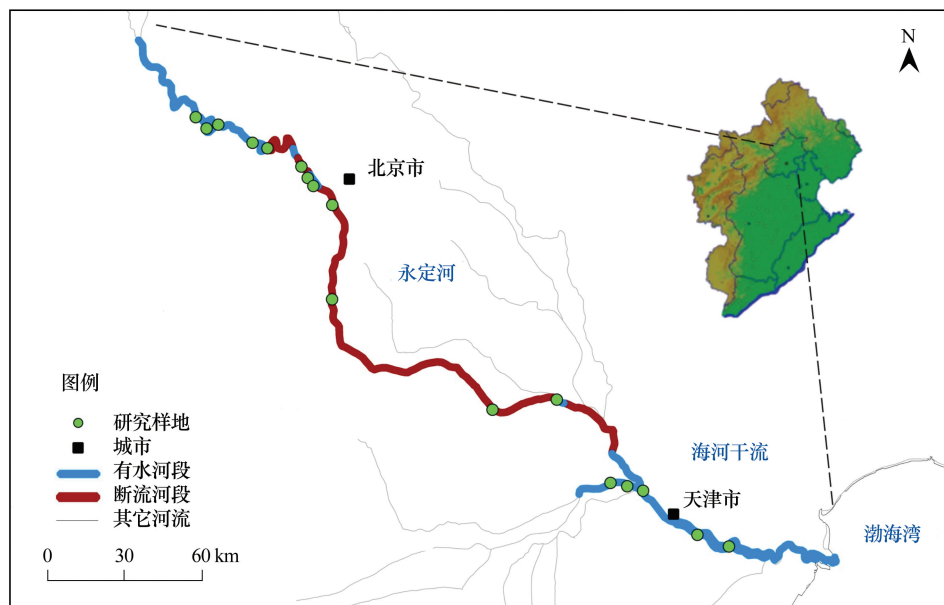


图 1 永定河-海河干流河岸带样点分布图

Fig.1 The location of the study area and the sampling sites within the Yongding-Haihe river system

2.2 数据分析

2.2.1 区系结构分析

湿地植物区系的属,往往既包含有典型的水生或湿生植物,又有中生甚至旱生的植物,特别是对于中、大型属而言这种现象则尤为普遍^[9]。对于河岸带湿地植物的区系而言,从属一级的水平上来分析和讨论,不能较好地反映该地区河岸带湿地的区系特点。此外,永定河-海河河岸带为较小尺度上的地区,物种数量有限,所以在种级水平上讨论植物区系组成,则更能反映河岸带植物区系特征。

因此,本研究采用吴征镒对中国种子植物属的分布区的划分标准^[3],以种的分布异同来对永定河-海河干流河岸带湿地种子植物进行地理成分的划分,并对不同河段的区系进行比较。根据相关文献对植物区系结构随取样量累积的变化规律的分析结果表明,取样量对区系结构的影响不明显^[15]。因此,虽然各河段样方数不同(表 1),但不同河段的区系结构是可以进行比较的。

2.2.2 植物来源的判定方法

(1) 乡土植物

乡土植物指在没有人为作用的情况下,自然地分布在特定地区、生态系统或生境的植物种,不包括乡土植物与外来植物的杂交种^[16, 17]。本文中主要是根据植物种在河流流经地区的自然分布情况及引种、栽培历史来判断^[18-19]。

(2) 外来植物

由于人为有意或无意的作用而出现在特定地区的植物种,即为该地区的外来植物^[16]。本文将外来植物分为国内外来种与国外外来种,主要根据原产地,引种记载和在全国各地的主要分布情况来判断^[18-19]。

3 结果与分析

3.1 永定河-海河干流河岸带植物的物种基本构成

本调查共记录到永定河-海河干流河岸带共有维管束植物 37 科 100 属 134 种。其中种子植物 36 科 100 属 133 种,而蕨类植物仅有 1 科 1 种,是木贼科的问荆(*Equisetum arvense*)。其中株数最多的植物种是禾本科的中华隐子草(*Cleistogenes chinensis*),占总株数的 26.46%;株数小于 15 的植物种有 65 个,其

株数总和仅占总株数的 0.42%。按生活型来分,木本植物仅为 10 科 13 种,灌木植物仅为 4 科 6 种,草本植物占主导地位。按照河段来分,永定河河岸带的种子植物有 119 种,隶属于 35 科 86 属,占总种数的 88.1%。其中永定河山峡段有 57 种,属于 20 科 46 属,占总种数的 42.54%;永定河平原段有 84 种,属于 26 科 63 属,占总种数的 62.69%;海河干流河

岸带植物有 40 种,隶属于 36 科 14 属,占总种数的 29.85%。种子植物的科属种及其在北京地区湿地生态系统中的比例见表 1。分析表明,永定河-海河干流河岸带植物的科属种分别占北京地区湿地植物区系的 35.19%,32.15%和 24.28%,科属比例相对较高,表明该河岸带植物种结构与北京地区湿地植物有较高联系。

表 1 永定河-海河干流河岸带总体信息及维管束植物物种结构统计

Table 1 General information and the species composition of riparian vascular plant community of the Yongding-Haihe river system

	山峡段 Mountain river section	平原段 Plain river section	海河干流段 Haihe river section	全流域 Yongding- Haihe river	北京地区湿地 Beijing Wetland	全流域占 北京地区比例/% Percentage
A. 总体信息 Overall information						
海拔 Elevation/m	178.60—296.80	62.20—99.80	1.70—10.10	1.70—296.80	—	—
河流长度 Length/km	70	140	60	270	—	—
样方数 No. of plots	46	117	31	194	—	—
B. 物种结构 Species composition						
科 Family	20	26	14	37	108	35.19
属 Genera	46	63	36	100	311	32.15
种 Species	57	84	40	134	552	24.28

3.1.1 科的统计分析

永定河-海河干流河岸带有维管束植物 37 科,根据所含属数,将全部科分为大科(含 18 属以上,中科(含 6—17 属)、小科(含 2—5 属)和单属科(表 2)。其中,大科有 2 个,即禾本科(*Gramineae*, 21 属/26 种,下同)和菊科(*Compositae*, 18/32),仅占总科数的 5.26%,但其在属数量上占明显优势,两科累积 39 属,占调查总属数的 38.61%。中等科仅有豆科(*Leguminosae*, 7/8) 1 个,累积 7 属,占调查总属数的 6.93%。小科有 14 科,分别是藜科(*Chenopodiaceae*, 4/7),莎草科(*Cyperaceae*, 4/5),唇形科(*Labiatae*, 4/4),蓼科(*Polygonaceae*, 2/5),蔷薇科(*Rosaceae*, 2/4),苋科(*Amaranthaceae*, 2/4),十字花科(*Brassicaceae*, 2/3),茄科(*Solanaceae*, 2/2),杨柳科(*Salicaceae*, 2/2),桑科(*Moraceae*, 2/2),百合科(*Liliaceae*, 2/2),大戟科(*Euphorbiaceae*, 2/2),旋花科(*Convolvulaceae*, 2/2),萝藦科(*Asclepiadaceae*, 2/2)。这些科占总科数的 36.84%,共累积 34 属,占总属数的 33.66%。单属科的有 20 科,即车前科(*Plantaginaceae*, 1/2),葫芦科(*Cupressaceae*, 1/2),蒺藜科(*Zygophyllaceae*, 1/1),堇菜科(*Violaceae*, 1/1),马鞭草科(*Verbenaceae*,

1/1),香蒲科(*Typhaceae*, 1/1),黑三棱科(*Sparganiaceae*, 1/1),苦木科(*Simaroubaceae*, 1/1),玄参科(*Scrophulariaceae*, 1/1),茜草科(*Rubiaceae*, 1/1),毛茛科(*Ranunculaceae*, 1/1),马齿苋科(*Portulacaceae*, 1/1),胡麻科(*Pedaliaceae*, 1/1),木犀科(*Oleaceae*, 1/1),锦葵科(*Malvaceae*, 1/1),千屈菜科(*Lythraceae*, 1/1),木贼科(*Equisetaceae*, 1/1),景天科(*Crassulaceae*, 1/1),卫矛科(*Celastraceae*, 1/1),紫草科(*Boraginaceae*, 1/1),漆树科(*Anacardiaceae*, 1/1)。占总科数的 54.05%。累积 21 属,占总属数的 20.79%。从上述分析可以看出,永定河-海河干流河岸带的植物种类比较集中于少数几个大科,而多数科只有少数种或单种,表明该地区植物区系的复杂性和多样性^[20]。

3.1.2 属的统计分析

永定河-海河干流河岸带有维管束植物 100 属,按照所含种数,将全部属分为大属(含 10 种以上),中属(含 5—9 种)、小属(含 2—4 种)和单种属(表 3)。其中,含 5 种以上的属仅有 1 个,为蒿属(*Artemisia*),仅占总属数的约 1%,含 10 种,占总种数的 7.41%。小属有 18 个,分别是蓼属(*Polygonum*),藜属(*Chenopodium*),苋属(*Amaranthus*),委陵菜属

(*Potentilla*), 鬼针草属 (*Bidens*), 稗属 (*Echinochloa*), 圆柏属 (*Sabina*), 香蒲属 (*Typha*), 莴苣属 (*Lactuca*), 苦蕒菜属 (*Ixeris*), 画眉草属 (*Eragrostis*), 胡枝子属 (*Lespedeza*), 蔊菜属 (*Rorippa*), 狗尾草属 (*Setaria*), 鹅观草属 (*Roegneria*), 车前属 (*Plantago*), 苍耳属 (*Xanthium*), 扁莎属 (*Pycneus*)。这些属占总属数的

17.82%, 共累积 44 种, 占总种数的 32.59%。单种属有 82 个, 占总属数的 81.19%, 共累积 82 种, 占总种数的 60.74%。由此可见, 本区系以单种属和小属为主, 说明本区系属的组成较为分散, 植物成分较为复杂^[21]。

表 2 永定河-海河干流维管束植物科级统计

Table 2 The composition of family of riparian vascular plant species in the Yongding-Haihe river system

科的级别 Level of family	科数 Sum of family	占总科数的比例/% Percentage	属数 Sum of genera	占总属数的比例/% Percentage
大科(含 18 属以上) Large family ($n^* \geq 18$)	2	5.26	39	38.61
中科(含 6—17 属) Middle family ($6 \leq n \leq 17$)	1	2.63	7	6.93
小科(含 2—5 属) Small family ($2 \leq n \leq 5$)	14	36.84	34	33.66
单属科 Single family	20	54.05	21	20.79

* n 指所含属数

表 3 永定河-海河干流维管束植物属级统计

Table 3 The composition of genera of riparian vascular plant species in the Yongding-Haihe river system

属的级别 Level of genera	属数 Sum of genera	占总属数的比例/% Percentage	种数 Sum of species	占总种数的比例/% Percentage
大属(含 10 种以上) Large genera ($n^* \geq 10$)	1	1.00	10	7.46
中属(含 5—9 种) Middle genera ($5 \leq n \leq 9$)	0	0.00	0	0.00
小属(含 2—4 种) Small genera ($2 \leq n \leq 4$)	17	17.00	42	31.34
单种属 Single genera	82	82.00	82	61.19

* n 指种数

3.2 河岸带种子植物区系分析

根据种子植物的分布区标准可划分为 4 大类性质成分和 16 个地理成分类型(表 4)。由于各河段的地理类型、土壤环境和河流水文条件非常不同, 因此本文分河段来探讨植物区系分布特征, 比较不同河段的区系分布的异同。

3.2.1 山峡段

山峡段河岸带共有种子植物 57 种, 划归入 4 类性质成分和 10 个地理成分类型(表 4)。其中世界分布成分有 16 种, 占永定河-海河干流河岸带种子植物总种数的 11.94%; 热带性质类型有 12 种, 占 8.96%; 温带性质类型有 28 种, 占 17.91%; 亚洲类成分类型有 4 种, 仅占总种数的 2.24%。说明山峡段河岸带湿地植物分布具有广域性, 且以温带成分为主, 其次是世界分布型、热带性质和亚洲类成分的种类起到补充成分的作用。

(1) 世界性分布成分

该分布区只有 1 个世界分布类型, 共有 16 种,

在河岸带植物区系中有较大的比例, 占北京地区湿地该分布类型的 8.94%。这说明河岸带植物区系中, 分布有一定数量的广域种。该区植物种均为草本植物, 常见种有芦苇(*Phragmites australis*), 小香蒲(*Typha minima*), 针蔺(*Eleocharis valliculosa*), 马唐(*Digitaria sanguinalis*)等。

(2) 热带性成分

指分布在亚洲、非洲、大洋洲热带地区的植物种。在山峡段河岸带, 热带性成分共有 12 种, 划归为 2 个地理类型成分, 分别为泛热带分布和热带亚洲至热带非洲成分, 占总种数的 8.96%, 因此该河段河岸带植物区系具有少量的热带性质成分。其中, 泛热带分布成分热带性成分中占有主导地位, 共有 8 种, 占北京地区湿地同分布类型的 12.90%。其中, 除了 2 种灌木植物铁扫帚(*Indigofera bungeana*)和荆条(*Vitex negundo*)之外, 其余均为草本植物。常见种为狗尾草(*Setaria viridis*), 假稻(*Leersia japonica*)和白茅(*Imperata cylindrica*)等。

表 4 永定河-海河干流河岸带各河段植物区系的分布类型
Table 4 Areal types of riparian plant species in different river sections of the Yongding-Haihe river system

分布区类型 Areal-type	山峡段			平原段			海河干流段			北京地区湿地	
	种数 No. of Species	占总种数 的比率 Percentage/%	占北京 地区比例 Percentage/%	种数 No. of Species	占总种数 的比率 Percentage/%	占北京 地区比例 Percentage/%	种数 No. of Species	占总种数 的比率 Percentage/%	占北京 地区比例 Percentage/%	种数 No. of Species	占总种数 的比率 Percentage/%
1 世界分布 Cosmopolitan	16	11.94	8.94	22	16.42	12.29	13	9.70	7.26	179	35.80
2 泛热带分布 Pantropic	8	5.97	12.90	20	14.93	32.26	8	5.97	12.90	62	12.40
3 热带亚洲和热带美洲间断分布 Tropical Asia and Tropical America disjuncted	—	—	—	1	0.75	100.00	—	—	—	1	0.20
4 旧世界热带 Old world Tropics	—	—	—	—	—	—	1	0.75	20.00	5	1.00
5 热带亚洲至热带大洋洲 Tropical Asia and Tropical Australasia	—	—	—	1	0.75	50.00	—	—	—	2	0.40
6 热带亚洲至热带非洲 Tropical Asia to tropical Africa	4	2.99	66.67	2	1.49	33.33	—	—	—	6	1.20
7 热带亚洲 (印度-马来西亚) Tropical Asia (Indo-Malesia)	—	—	—	2	1.49	33.33	1	0.75	16.67	6	1.20
8 北温带 North Temperate	14	10.45	12.73	21	15.67	19.09	11	8.21	10.00	110	22.00
8-4 北温带和南温带(全温带)间断 North Temperate and South Temperate disjuncted (Pan-temperate)	3	2.24	8.33	2	1.49	5.56	2	1.49	5.56	36	7.20
10 旧世界温带 Old World Temperate	5	3.73	11.90	4	2.99	9.52	1	0.75	2.38	42	8.40
10-3 欧亚和南非洲 (有时也在大洋洲) 间断 Eurasia and South Africa (Sometimes also Australasia) disjuncted	2	1.49	40.00	1	0.75	20.00	—	—	—	5	1.00
11 温带亚洲分布 Temperate Asia	—	—	—	1	0.75	8.33	—	—	—	12	2.40
9 东亚和北美间断 East Asia and North America disjuncted	2	1.49	11.11	2	1.49	11.11	2	1.49	11.11	18	3.60
13 中亚 Central Asia	—	—	—	1	0.75	100.00	—	—	—	1	0.20
14 东亚 (东喜马拉雅至日本) East Asia Eurasia and Temperate South America disjuncted	1	0.75	9.09	1	0.75	9.09	1	0.75	9.09	11	2.20
14(SI) 中国-日本 Sino-Japan(SI)	1	0.75	25.00	2	1.49	50.00	—	—	—	4	0.80

(3) 温带性成分

指分布欧洲、亚洲、北美洲温带地区的植物种。在山峡段河岸带,温带性成分共有 24 种,划归为 4 个地理类型成分,占总种数的 17.91%,因此该河段河岸带植物区系温带性质成分占主要的比例。在 4 个地理类型成分中,北温带分布成分占据主导地位,共有 14 种,占北京地区湿地同分布类型的 12.73%。其中,除了土庄绣线菊(*Spiraea pubescens*)为灌木植物外,其余均为草本植物,常见种为艾蒿(*Artemisia argyi*),白莲蒿(*Artemisia sacrorum*)和茵陈蒿(*Artemisia capillaries*)等。

(4) 亚洲类成分

只分布在亚洲的植物种。在本段河岸带,亚洲类成分共有 4 种,划归为 3 个地理类型成分,仅占总种数的 2.24%,因此该河段河岸带植物区系仅有少量的亚洲类成分。常见植物种有胡枝子(*Lespedeza bicolor*),菊芋(*Helianthus tuberosus*),阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)和鸡眼草(*Kummerowia striata*)等。

3.2.2 平原段

平原段河岸带共有种子植物 83 种,划归入 4 类性质成分和 15 个地理成分类型(表 4)。其中世界分布成分有 22 种,占永定河-海河干流河岸带种子植物总种数的 16.42%;热带性质类型有 26 种,占 19.40%;温带性质类型有 29 种,占 21.64%;亚洲类成分类型有 4 种,仅占总种数的 2.99%。说明平原段河岸带湿地植物分布具有广域性,但以温带、热带成分为主,其次是世界分布型和少量的亚洲类成分。

(1) 世界性分布成分

该分布区只有 1 个世界分布类型,共有 22 种,在河岸带植物区系中有较大的比例,占总种数的 16.42%,占北京地区湿地该分布类型的 12.29%。这说明河岸带植物区系中,分布有相当数量的广域种。该区植物种均为草本植物,常见种有芦苇(*Phragmites australis*),马唐(*Digitaria sanguinalis*)和灰绿藜(*Chenopodium glaucum*)等。

(2) 热带性成分

在平原段河岸带,热带性成分共有 26 种,划归为 5 个地理类型成分,占总种数的 19.40%,因此该河段河岸带植物区系具有比较多的热带性质成分。

其中,泛热带分布成分热带性成分中占有主导地位,共有 20 种,占北京地区湿地同分布类型的 32.26%。其中,除了 1 种灌木植物荆条(*Vitex negundo*)和 1 种藤本植物鹅绒藤(*Cynanchum chinense*)之外,其余均为草本植物。常见种为狗尾草(*Setaria viridis*),马齿苋(*Portulaca oleracea*)和牛筋草(*Eleusine indica*)等。

(3) 温带性成分

在平原段河岸带,温带性成分共有 29 种,划归为 5 个地理类型成分,占总种数的 21.64%,因此该河段河岸带植物区系温带性质成分占主导地位。在 5 个地理类型成分中,北温带分布成分占据主导地位,共有 21 种,占北京地区湿地同分布类型的 19.09%。其中,乔木植物 2 种,为加杨(*Populus canadensis*)和圆柏(*Sabina chinensis*);灌木植物 1 种,为铺地柏(*Sabina procumbens*);藤本植物 1 种,为葎草(*Humulus scandens*),其余均为草本植物,常见种有稗(*Echinochloa crusgali*),蒙古蒿(*Artemisia mongolica*)和茵陈蒿(*Artemisia capillaries*)等。

(4) 亚洲类成分

在本段河岸带,亚洲类成分共有 6 种,划归为 4 个地理类型成分,仅占总种数的 2.99%,因此该河段河岸带植物区系仅有少量的亚洲类成分。常见植物种有胡枝子(*Lespedeza bicolor*),荻(*Triarrhena sacchariflora*)和苍术(*Atractylodes lancea*)等。

3.2.3 海河干流段

海河干流段河岸带共有种子植物 40 种,划归入 4 类性质成分和 9 个地理成分类型(表 4)。其中世界分布成分有 13 种,占永定河-海河干流河岸带种子植物总种数的 9.70%;热带性质类型有 10 种,占 7.46%;温带性质类型有 14 种,占 10.45%;亚洲类成分类型有 3 种,仅占总种数的 2.24%。说明平原段河岸带湿地植物分布具有广域性,但以温带、世界分布型为主,其次是热带成分和少量的亚洲类成分。

(1) 世界性分布成分

该分布区只有 1 个世界分布类型,共有 13 种,占总种数的 9.70%,占北京地区湿地该分布类型的 7.26%。这说明河岸带植物区系中,分布有少量的广域种。该区植物种均为草本植物,常见种有马唐(*Digitaria sanguinalis*),猪毛菜(*Salsola collina*)和碱蓬(*Suaeda glauca*)等。

(2) 热带性成分

在海河干流段河岸带,热带性成分共有 10 种,划归为 3 个地理类型成分,占总种数的 7.46%,因此该河段河岸带植物区系仅有少量的热带性质成分。其中,泛热带分布成分热带性成分中占有主导地位,共有 8 种,占北京地区湿地同分布类型的 12.90%。其中,除了 1 种乔木植物白杜(*Euonymus maackii*)之外,其余均为草本植物。常见种为狗牙根(*Cynodon dactylon*),狗尾草(*Setaria viridis*)和牛筋草(*Eleusine indica*)等。

(3) 温带性成分

在海河干流段河岸带,温带性成分共有 14 种,划归为 3 个地理类型成分,占总种数的 10.45%,因此该河段河岸带植物区系温带性质成分占主导地位。在 3 个地理类型成分中,北温带分布成分占据主导地位,共有 11 种,占北京地区湿地同分布类型的 10.00%。其中,乔木植物 4 种,分别为白蜡树(*Fraxinus chinensis*),加杨(*Populus canadensis*),火炬

树(*Rhus typhina*)和垂柳(*Salix babylonica*);其余均为草本植物,常见种有草甸羊(*Festuca pratensis*)、艾蒿(*Artemisia argyi*)和荠(*Capsella bursa-pastoris*)等。

(4) 亚洲类成分

在本段河岸带,亚洲类成分共有 3 种,划归为 2 个地理类型成分,仅占总种数的 2.24%,因此该河段河岸带植物区系仅有极少量的亚洲类成分。常见植物种有胡枝子(*Lespedeza bicolor*),荻(*Triarrhena sacchariflora*)和刺槐(*Robinia pseudoacacia*)等。

3.2.4 不同河段间的区系结构比较

3 个河段的区系结构之间存在一定的差异性。将 4 大类性质成分(世界类、热带类、温带类和亚洲类)每个大类中的各成分类型对应的绝对比例值的加和,作为反映该大类性质成分的指数值。将 3 个河段的成分指数值汇总,转化为坐标点。在单位圆坐标系中四边形图来表示(图 2)。总体来看,3 个河段的区系结构均以温带类、热带类为主,并分布有一定比例的世界类植物种,亚洲类植物种所占比例最小。但是,山

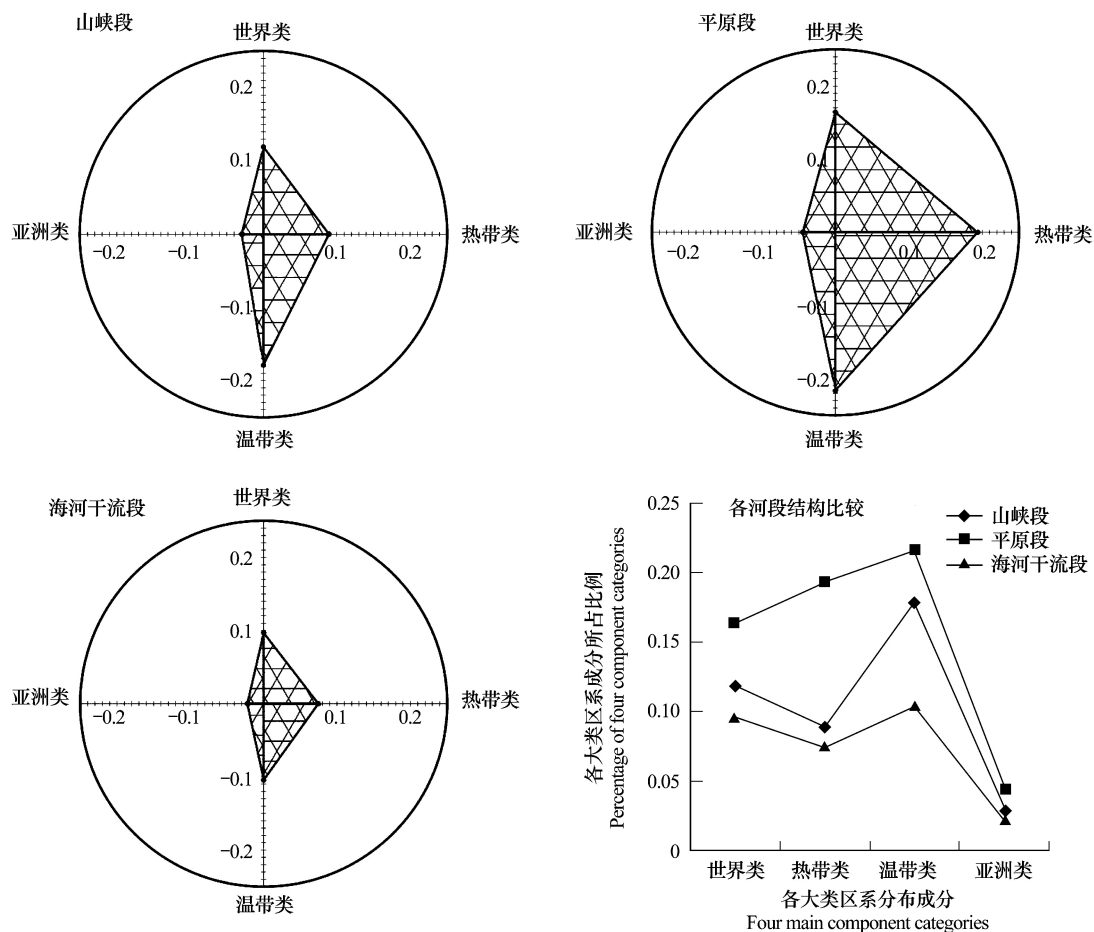


图 2 永定河-海河干流河岸带植被种子植物区系结构示意图

Fig. 2 The floristic composition of spermatophyte of riparian species in the Yongding-Haihe river system

峡段与海河干流段区系在区系结构组成上比较相似,为温带类>世界类>热带类>亚洲类;而永定河平原段则存在较大的不同,为温带类>热带类>世界类>亚洲类,其热带类所占比例要更多,占据第2位。

在各个区系分布类型中,比例最高的是热带类中的泛热带分布类型,温带类中的北温带分布类型和世界类中的世界分布类型(表4)。其中,除了在泛热带分布类型中,占总种数比例大小排序为平原类>山峡段=海河干流段;其它两类中的大小排序均为平原类>山峡段>海河干流段。从各个区系分布类型中,也可以看出山峡段和海河干流段在热带类大类中的分布类型最少,分别仅有2个和3个;而平原段则为5个类型(表4)。

在各河段区系类型与北京湿地区系比较中,山峡段和平原段占北京湿地植物比例较大,最大比例分别为67%和100%;而海河干流段占北京比例较小,最大比例仅为20%(图3,表4)。

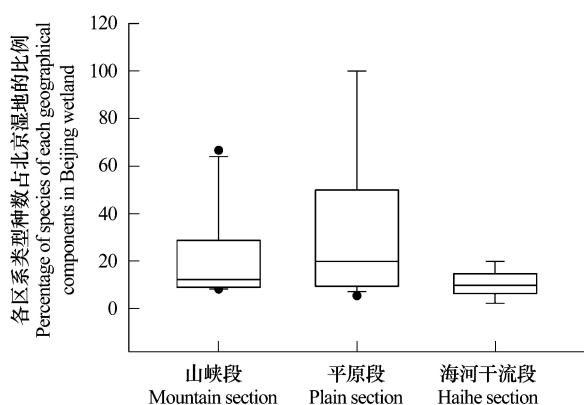


图3 永定河-海河干流河岸带植被各区系类型种数占北京湿地的比例

Fig.3 The percentage of species of areal types on the ones in Beijing wetland in the Yongding-Haihe river system

4 讨论

4.1 总体特征

永定河-海河干流河岸带湿地植物物种丰富程度相对而言较为匮乏。经调查共记录到维管束植物38科100属134种。其中种子植物37科100属133种,而蕨类植物仅有1科1种,是木贼科的问荆(*Equisetum arvense*)。其中株数最多的植物种是禾本科的中华隐子草(*Cleistogenes chinensis*)。草本植物占主导地位,木本植物仅为10科13种,灌木植物仅

为4科6种。按照河段来分,永定河山峡段有57种,属于20科46属,占总种数的42.54%;永定河平原段有84种,属于20科41属,占总种数的62.69%。海河干流河岸带植物有40种,隶属于36科14属,占总种数的29.85%。永定河-海河干流河岸带湿地植物区系地理成分分布类型多样,但主要以温带类性质为主,表现为温带特性,各类温带分布类型67种,占河岸带植物总种数的50%。通过与北京地区湿地植物种的区系分布类型进行比较,永定河-海河干流河岸带植物的科属种分别占北京地区湿地植物区系的35.19%,32.15%和24.28%,科属比例相对较高,表明该河岸带植物种结构与北京地区湿地植物有较高联系。

4.2 各河段区系结构的差异原因

从物种来源结构上看,山峡段与平原段与北京湿地植物区系有更多的联系,而海河干流河岸带由于地处出海口附近,远离北京地区,因此区系联系较少。山峡段与平原段河岸带植物种占北京湿地植物区系比例高,也表明河岸带特殊的水湿条件和微环境有利于保持该地区的植物,因此保护河岸带湿地对于保持区域生物多样性具有重要的地位^[10]。此外,区系结构上的结果表明,永定河山峡段与海河干流段区系结构比较相近,为温带类>世界类>热带类>亚洲类;而大部分长期干涸的永定河平原段,则热带类所占比例要更多,占据第2位。根据分析发现,平原段热带类植物种中,外来植物占据50%,而且多原产于美洲,非洲等热带地区^[18-19]。这说明在干涸河段中,河岸带被相当比例的外来植物占据,并取代原有的河岸带乡土植物的生态位。这反映了在人类活动增多,水资源过度利用和城市化快速增长的背景下,河岸带植被结构发生了重大变化。这与国内外一些相关结果一致,表明河岸带作为一种典型的开放系统,由于受到频繁的自然和人为干扰、动态的营养水平和水文条件,河岸带易被外来植物所入侵^[22-24]。由于外来植物可能因为缺少竞争者而大量繁殖,造成入侵^[25],对河岸带生境造成严重影响^[26],应该对这些植物的入侵性做进一步研究,并采取有效措施加以控制。

4.3 乡土植物的推广对于河岸带修复的意义

对于退化的河岸带生态修复,除了控制外来入侵植物的蔓延以外,应以乡土植物的推广种植为主,

这对于河岸带生态修复同样具有十分重要的意义。乡土物种在适应当地小环境方面更具优势,对本地的气候、土壤环境、水位的变化有较强的适应性;此外,乡土植物一般多年生长,可建立稳定的植物群落,以较小的生态代价来恢复植被覆盖,对于河岸带修复具有良好的效费比。由于乡土植物能为野生动物提供生存环境,所以乡土植物比外来植物对生态平衡具有更为重要的作用^[27],具有良好的环境和生态效益。因此,退化河岸带的生态恢复建设应该加强对乡土植物的应用^[28]。

致谢:感谢首都师范大学胡东副教授在植物分类和植物群落调查中给予的帮助。感谢赵娟娟、王芸、张志明、白杨、江波、孟世勇、刘成立、孙成耀在文章讨论、植物群落调查和取样中给予的帮助。

References:

- [1] Peng H. The Seed Plants from MT. Wuliang in the South-Central Yunnan, China. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1998.
- [2] Wang H S. Floristic Geography. Beijing: Science Press, 1992: 1-180.
- [3] Wu Z Y. The areal-types of Chinese genera of seed plants. Acta Botanica Yunnanica, 1991, 13(Suppl. IV): 1-139.
- [4] Chen J Q. Riparian vegetation characteristics and their functions in ecosystems and landscapes. Chinese Journal of Applied Ecology, 1996, (4): 439-448.
- [5] Guo H C, Huang K, Liu Y, Yu Y J. A conceptual framework of riparian ecosystem management and its key problems. Geographical Research, 2007, 26(4): 789-798.
- [6] Li M L, Zhang T M, Hu D, Chen W. Flora of higher plant in wetland of Beijing area. Wetland Science, 2006, 4(3): 219-226.
- [7] Shangguan T L, Zhang F, Zhang L S, Song B W. Study on diversity of vascular plant of wetland in Shanxi. Bulletin of Botanical Research, 2000, 20(3): 275-281.
- [8] Tang G G, Li X P, Xie J B, Xu H Q. The characteristics, utilization and protection of the flora of wetland in Jiangsu province. Journal of Nanjing Forestry University, 1997, (4): 49-54.
- [9] Wang C, Liu Q R. Study on the flora of vascular plants of wetland in Beijing. Journal of Wuhan Botanical Research, 2004, 22(5): 406-411.
- [10] Deng H B, Wang Q C, Dai L M, Wang Q L, Wang S X. Flora analysis of riparian plant communities on the northern slope of Changbai Mountain. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(9): 1405-1410.
- [11] Jiang M X, Dang H S, Huang H D, Tao Y, Jin X. Flora of seed plant in riparian zone of Xiangxi River Catchment in Three Gorges area. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2004, 13(2): 177-182.
- [12] Lu L, Zhao Z Y, Qiao M, Zhang K, Zhou S B, Tang J. Flora and species diversity in riparian zone of middle reaches of the Tarim River. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2011, 31(1): 16-21.
- [13] Wang L, Wang Z J, Koike T, Yin H, Yang D W, He S. The assessment of surface water resources for the semi-arid Yongding River Basin from 1956 to 2000 and the impact of land use change. Hydrological Processes, 2010, 24(9): 1123-1132.
- [14] Zhang Z, Shen Z, Xue Y, Ren F, Shi D, Yin Z, Zhong Z, Sun X. Evolution of Groundwater Environment in North China Plain. Beijing: Geological Publishing House, 2000: 35-60.
- [15] Zhao J J. Species Composition and Spatial Distribution of Urban Plants within the Built-up Areas of Beijing, China [D]. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, China, 2010.
- [16] Pyšek P. Alien and native species in Central European urban floras: a quantitative comparison. Journal of Biogeography, 1998, 25(1): 155-163.
- [17] USNA. What is a native plant, anyway? (2006-03-07) [2012-10-10]. <http://tiny.cc/il8imw>.
- [18] The Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. Chinese Virtual Herbarium (CVH). [2012-09-20]. <http://www.cvh.org.cn>.
- [19] He S Y, Xing Q H, Yin Z T, Jiang X F. Flora of Beijing. 3rd ed. Beijing: Beijing Publishing House, 1993.
- [20] Wu Z Y. China Vegetation. Beijing: Science Press, 1980: 1-1144.
- [21] Liu Q R, Zhang C, Kang M Y. A study on the flora of spermatophyte in Xiaowutai Mountains. Bulletin of Botanical Research, 2004, 24(4): 499-506.
- [22] Planty-Tabacchi A M, Tabacchi E, Naiman R J, Deferrari C, Décamps H. Invasibility of species-rich communities in riparian zones. Conservation Biology, 1996, 10(2): 598-607.
- [23] Richardson D M, Holmes P M, Esler K J, Galatowitsch S M, Stromberg J C, Kirkman S P, Pyšek P, Hobbs R J. Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. Diversity and Distributions, 2007, 13(1): 126-139.
- [24] Rowntree K. An assessment of the potential impact of alien invasive vegetation on the geomorphology of river channels in South Africa. Southern African Journal of Aquatic Sciences, 1991, 17(1/2): 28-43.
- [25] Keane R M, Crawley M J. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. Trends in Ecology and Evolution, 2002, 17(4): 164-170.
- [26] Zuo Z, Jiang Y, Bo F F, Shen P L, You W H. Status and impacts of alien plants invasion of the riparian zone in plain river network area: A case study in Qingpu district, Shanghai. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(3): 665-671.
- [27] Turner K, Lefler L, Freedman B. Plant communities of selected urbanized areas of Halifax, Nova Scotia, Canada. Landscape and Urban Planning, 2005, 71(2/4): 191-206.
- [28] Zavaleta E S, Hobbs R J, Mooney H A. Viewing invasive species removal in a whole-ecosystem context. Trends in Ecology and Evolution, 2001, 16(8): 454-459.

参考文献:

- [1] 彭华. 滇中南无量山种子植物. 昆明: 云南科技出版社, 1998.
- [2] 王荷生. 植物区系地理. 北京: 科学出版社, 1992.
- [3] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, 1991, 13(增刊IV): 1-3.

- [4] 陈吉泉. 河岸植被特征及其在生态系统和景观中的作用. 应用生态学报, 1996, (4): 439-448.
- [5] 郭怀成, 黄凯, 刘永, 郁亚娟. 河岸带生态系统管理研究概念框架及其关键问题. 地理研究, 2007, 26(4): 789-798.
- [6] 李满良, 张铁明, 胡东, 陈卫. 北京地区湿地高等植物区系分析. 湿地科学, 2006, 4(3): 219-226.
- [7] 上官铁梁, 张峰, 张龙胜, 宋伯为. 山西湿地维管植物区系多样性研究. 植物研究, 2000, 20(3): 275-281.
- [8] 汤庚国, 李湘萍, 谢继步, 徐惠强. 江苏湿地植物的区系特征及其保护与利用. 南京林业大学学报, 1997, (4): 49-54.
- [9] 王辰, 刘全儒. 北京湿地维管植物区系研究. 武汉植物学研究, 2004, 22(5): 406-411.
- [10] 邓红兵, 王青春, 代力民, 王庆礼, 王绍先. 长白山北坡河岸带群落植物区系分析. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1405-1410.
- [11] 江明喜, 党海山, 黄汉东, 陶勇, 金霞. 三峡库区香溪河流域河岸带种子植物区系研究. 长江流域资源与环境, 2004, 13(2): 178-182.
- [12] 卢磊, 赵振勇, 乔木, 张科, 周生斌, 唐金. 塔里木河中游河岸带植物区系及物种多样性初探. 水土保持通报, 2011, 31(1): 16-21.
- [15] 赵娟娟. 北京市建成区城市植物的种类构成与分布格局 [D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2010.
- [18] 中国科学院植物研究所. 中国数字植物标本馆 (CVH). [2012-09-20]. <http://www.cvh.org.cn>.
- [19] 贺士元, 邢其华, 尹组棠, 江先甫. 北京植物志 (第三版). 北京: 北京出版社, 1993.
- [20] 吴征镒. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980.
- [21] 刘全儒, 张潮, 康慕谊. 小五台山种子植物区系研究. 植物研究, 2004, 24(4): 499-506.
- [26] 左倬, 蒋跃, 薄芳芳, 沈蓓蕾, 由文辉. 平原河网地区滨岸带外来植物入侵现状及影响研究——以上海青浦区为例. 生态环境学报, 2010, 19(3): 665-671.

附表 1 永定河-海河干流植物名录

Appendix 1 The species list of the riparian plant community in the Yongding-Haihe river system

植物种 Species	科名 Family	生活型 Life form	区系类型 Flora type	物种来源 Origin of species
磨盘草 <i>Abutilon indicum</i>	锦葵科	草本	2	国内外来
铁苋菜 <i>Acalypha australis</i>	大戟科	草本	2	乡土
臭椿 <i>Ailanthus altissima</i>	苦木科	乔木	5	乡土
山韭 <i>Allium senescens</i>	百合科	草本	8	乡土
喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	苋科	草本	2	国外外来
繁穗苋 <i>Amaranthus paniculatus</i>	苋科	草本	1	国外外来
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	苋科	草本	1	国外外来
苋 <i>Amaranthus tricolor</i>	苋科	草本	1	国外外来
豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	菊科	草本	1	国外外来
黄花蒿 <i>Artemisia annua</i>	菊科	草本	8	乡土
艾蒿 <i>Artemisia argyi</i>	菊科	草本	8	乡土
茵陈蒿 <i>Artemisia capillaris</i>	菊科	草本	8	乡土
南牡蒿 <i>Artemisia eriopoda</i>	菊科	草本	8	乡土
牡蒿 <i>Artemisia japonica</i>	菊科	草本	8	乡土
野艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i>	菊科	草本	8	乡土
蒙古蒿 <i>Artemisia mongolica</i>	菊科	草本	8	乡土
白莲蒿 <i>Artemisia sacrorum</i>	菊科	草本	8	乡土
猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	菊科	草本	8	乡土
大籽蒿 <i>Artemisia sieversiana</i>	菊科	草本	8	乡土
萁草 <i>Arthraxon hispidus</i>	禾本科	草本	6	乡土
龙须菜 <i>Asparagus schoberioides</i>	百合科	草本	4	乡土
钻叶紫菀 <i>Aster subulatus</i>	菊科	草本	8	国外外来
苍术 <i>Atractylodes lancea</i>	菊科	草本	14(SJ)	乡土
鬼针草 <i>Bidens bipinnata</i>	菊科	草本	1	乡土
三叶鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	菊科	草本	1	国外外来
狼把草 <i>Bidens tripartita</i>	菊科	草本	1	乡土
大麻 <i>Cannabis sativa</i>	桑科	草本	13	国外外来
芥 <i>Capsella bursa-pastoris</i>	十字花科	草本	8	乡土
尖头叶藜 <i>Chenopodium acuminatum</i>	藜科	草本	1	乡土
藜 <i>Chenopodium album</i>	藜科	草本	1	乡土
灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>	藜科	草本	1	乡土
小藜 <i>Chenopodium serotinum</i>	藜科	草本	1	乡土
虎尾草 <i>Chloris virgata</i>	禾本科	草本	2	国外外来

续表

植物种 Species	科名 Family	生活型 Life form	区系类型 Flora type	物种来源 Origin of species
刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i>	菊科	草本	8	乡土
中华隐子草 <i>Cleistogenes chinensis</i>	禾本科	草本	10	乡土
小蓬草 <i>Conyza canadensis</i>	菊科	草本	2	国外外来
鹅绒藤 <i>Cynanchum chinense</i>	萝藦科	藤本	2	乡土
狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	禾本科	草本	2	国内外来
畦畔莎草 <i>Cyperus haspan</i>	莎草科	草本	1	国内外来
曼陀罗 <i>Datura stramonium</i>	茄科	草本	2	国外外来
马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	禾本科	草本	1	乡土
长芒稗 <i>Echinochloa caudata</i>	禾本科	草本	8	乡土
光头稗 <i>Echinochloa colonum</i>	禾本科	草本	8	乡土
稗 <i>Echinochloa crusgali</i>	禾本科	草本	8	乡土
鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	菊科	草本	2	乡土
针蔺 <i>Eleocharis valliculosa</i>	莎草科	草本	1	乡土
牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	禾本科	草本	2	国外外来
问荆 <i>Equisetum arvense</i>	木贼科	蕨类植物	—	乡土
大画眉草 <i>Eragrostis cilianensis</i>	禾本科	草本	8	乡土
画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>	禾本科	草本	8	乡土
一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	菊科	草本	1	国外外来
白杜 <i>Euonymus maackii</i>	卫矛科	乔木	2	乡土
泽兰 <i>Eupatorium lindleyanum</i>	菊科	草本	2	乡土
地锦草 <i>Euphorbia humifusa</i>	大戟科	草本	2	乡土
草甸羊茅 <i>Festuca pratensis</i>	禾本科	草本	8	国内外来
白腊树 <i>Fraxinus chinensis</i>	木犀科	乔木	8	乡土
米口袋 <i>Gueldenstaedtia verna subsp. multiflora</i>	豆科	草本	11	乡土
土三七 <i>Gynura segetum</i>	景天科	草本	6	国内外来
菊芋 <i>Helianthus tuberosus</i>	菊科	草本	9	国外外来
牛鞭草 <i>Hemarthria altissima</i>	禾本科	草本	2	乡土
阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i>	菊科	草本	14	乡土
葎草 <i>Humulus scandens</i>	桑科	藤本	8	乡土
白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	禾本科	草本	2	乡土
铁扫帚 <i>Indigofera bungeana</i>	豆科	灌木	2	乡土
旋覆花 <i>Inula japonica</i>	菊科	草本	10	乡土
番薯 <i>Ipomoea batatas</i>	旋花科	草本	2	国外外来
苦菜 <i>Ixeris chinensis</i>	菊科	草本	7	乡土
苦苣菜 <i>Ixeris polycephala</i>	菊科	草本	7	国内外来
水莎草 <i>Juncellus serotinus</i>	莎草科	草本	1	乡土
地肤 <i>Kochia scoparia</i>	藜科	草本	8-4	乡土
洽草 <i>Koeleria cristata</i>	禾本科	草本	8-4	乡土
鸡眼草 <i>Kummerowia striata</i>	豆科	草本	14(SJ)	国内外来
山莴苣 <i>Lactuca indica</i>	菊科	草本	10-3	乡土
蒙山莴苣 <i>Lactuca tatarica</i>	菊科	草本	10-3	乡土
假稻 <i>Leersia japonica</i>	禾本科	草本	2	国内外来
益母草 <i>Leonurus artemisia</i>	唇形科	草本	10	乡土
胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	豆科	灌木	9	国内外来
达乌里胡枝子 <i>Lespedeza davurica</i>	豆科	灌木	9	乡土
地笋 <i>Lycopus lucidus</i>	唇形科	草本	8	乡土
千屈菜 <i>Lythrum salicaria</i>	千屈菜科	草本	1	乡土
紫苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	豆科	草本	10-3	国外外来
抱草 <i>Melica virgata</i>	禾本科	草本	8-4	乡土
黄香草木犀 <i>Melilotus officinalis</i>	豆科	草本	10	国内外来
薄荷 <i>Mentha haplocalyx</i>	唇形科	草本	8	乡土
砂引草 <i>Messerschmidia sibirica</i>	紫草科	草本	3	国内外来

续表

植物种 Species	科名 Family	生活型 Life form	区系类型 Flora type	物种来源 Origin of species
芒 <i>Miscanthus sinensis</i>	禾本科	草本	6	国内外来
白草 <i>Pennisetum centrasaticum</i>	禾本科	草本	2	乡土
圆叶牵牛 <i>Pharbitis purpurea</i>	旋花科	草本	2	国外外来
芦苇 <i>Phragmites australis</i>	禾本科	草本	1	乡土
车前 <i>Plantago asiatica</i>	车前科	草本	1	乡土
大车前 <i>Plantago major</i>	车前科	草本	1	乡土
藜蓐 <i>Polygonum aviculare</i>	蓐科	草本	1	乡土
水蓐 <i>Polygonum hydropiper</i>	蓐科	草本	1	乡土
酸模叶蓐 <i>Polygonum lapathifolium</i>	蓐科	草本	1	乡土
红蓐 <i>Polygonum orientale</i>	蓐科	草本	1	乡土
加杨 <i>Populus canadensis</i>	杨柳科	乔木	8	国外外来
马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>	马齿苋科	草本	2	乡土
委陵菜 <i>Potentilla chinensis</i>	蔷薇科	草本	8	乡土
莓叶委陵菜 <i>Potentilla fragarioides</i>	蔷薇科	草本	8	乡土
朝天委陵菜 <i>Potentilla supina</i>	蔷薇科	草本	8	乡土
球穗扁莎 <i>Pycnus globosus</i>	莎草科	草本	2	乡土
火炬树 <i>Rhus typhina</i>	漆树科	乔木	8	国外外来
鹿藿 <i>Rhynchosia volubilis</i>	豆科	草本	2	国内外来
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	豆科	乔木	9	国外外来
纤毛鹅观草 <i>Roegneria ciliaris</i>	禾本科	草本	10	乡土
鹅观草 <i>Roegneria kamoji</i>	禾本科	草本	10	乡土
球果蕲菜 <i>Rorippa globosa</i>	十字花科	草本	1	乡土
沼生蕲菜 <i>Rorippa islandica</i>	十字花科	草本	1	乡土
茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	茜草科	藤本	8-4	乡土
齿果酸模 <i>Rumex dentatus</i>	蓐科	草本	1	乡土
圆柏 <i>Sabina chinensis</i>	葫芦科	乔木	8	国内外来
铺地柏 <i>Sabina procumbens</i>	葫芦科	灌木	8	国外外来
垂柳 <i>Salix babylonica</i>	杨柳科	乔木	8	乡土
猪毛菜 <i>Salsola collina</i>	藜科	草本	1	乡土
荔枝草 <i>Salvia plebeia</i>	唇形科	草本	1	乡土
芝麻 <i>Sesamum indicum</i>	胡麻科	草本	6	国外外来
金狗尾草 <i>Setaria glauca</i>	禾本科	草本	2	乡土
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	禾本科	草本	2	乡土
龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	茄科	草本	1	乡土
苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	菊科	草本	8	乡土
黑三棱 <i>Sparganium stoloniferum</i>	黑三棱科	草本	8-4	乡土
土庄绣线菊 <i>Spiraea pubescens</i>	蔷薇科	灌木	8	乡土
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	藜科	草本	1	乡土
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	菊科	草本	8	乡土
唐松草 <i>Thalictrum aquilegifolium</i>	毛茛科	草本	8-4	国内外来
菅 <i>Themeda villosa</i>	禾本科	草本	6	国内外来
荻 <i>Triarrhena sacchariflora</i>	禾本科	草本	14	国内外来
蒺藜 <i>Tribulus terrester</i>	蒺藜科	草本	2	乡土
香蒲 <i>Typha angustifolia</i>	香蒲科	草本	1	乡土
小香蒲 <i>Typha minima</i>	香蒲科	草本	1	乡土
紫花地丁 <i>Viola yedoensis</i>	堇菜科	草本	1	乡土
荆条 <i>Vitex negundo</i>	马鞭草科	灌木	2	乡土
意大利苍耳 <i>Xanthium italicum</i>	菊科	草本	1	国外外来
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	菊科	草本	1	乡土

区系类型中,各数字符号所代表的具体类型请参见表 4

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.6 Mar., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Impacts of global warming on litter decomposition SONG Piao, ZHANG Naili, MA Keping, et al (1327)
- From system to landscape: the other orientation of regional material flow analysis ZHANG Xiaogang, ZENG Hui (1340)
- A multi-dimensional approach for wetland ecosystem service valuation SONG Yuqin, ZHANG Xiaolei (1352)
- Molecular mechanisms of the insect juvenile hormone JIN Minna, LIN Xinda (1361)
- Microbial deterioration in ancient cave and wall paintings LI Qiang, GE Qinya, PAN Xiaoxuan, et al (1371)
- Study on ecological safety evaluation and warning of wetlands in Tumen River watershed based on 3S technology
..... ZHU Weihong, MIAO Chengyu, ZHENG Xiaojun, et al (1379)
- A review of transboundary protected areas network establishment WANG Wei, TIAN Yu, CHANG Ming, et al (1391)

Autecology & Fundamentals

- Water consumption characteristics and water use efficiency of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* and bamboo-willow
seedlings QIU Quan, PAN Xin, LI Jiyue, et al (1401)
- Three warming scenarios differentially affect the morphological plasticity of an invasive herb *Alternanthera philoxeroides*
..... CHU Yanmei, YANG Jian, LI Jingji, et al (1411)
- The influence of meteorological factors and soil physicochemical properties on karst processes in six land-use patterns in summer
and winter in a typical karst valley LIU Wen, ZHANG Qiang, JIA Yanan (1418)
- Effects of nanocarbon application on nitrogen absorption and utilization of flue-cured tobacco
..... LIANG Taibo, YIN Qisheng, ZHANG Yanling, et al (1429)
- The stand spatial model and pattern based on voronoi diagram LIU Shuai, WU Shuci, WANG Hong, et al (1436)
- Dynamic analysis of spatial structure in a close-to-nature *Phyllostachys edulis* stands
..... QIU Jianxi, TANG Mengping, SHEN Lifen, et al (1444)
- Phenotypic diversity in natural populations of *Sapindus mukorossi* based on fruit and seed traits
..... DIAO Songfeng, SHAO Wenhao, JIANG Jingmin, et al (1451)
- Development of compatible biomass models for trees from different stand origin ... FU Liyong, LEI Yuancai, SUN Wei, et al (1461)

Population, Community and Ecosystem

- The impact of understory vegetation structure on growth of *Polygonatum cyrtoneura* in extensively managed *Phyllostachys edulis*
plantation FAN Yanrong, CHEN Shuanglin, YANG Qingping, et al (1471)
- Short-term effects of CO₂ concentration elevation, warming and transgenic *Bt* rice cropping on soil labile organic carbon and
nitrogen, and nematode communities CHEN Jing, CHEN Fajun, LIU Manqiang, et al (1481)
- Temporospatial variations in net ecosystem productivity in Northeast China since 1961
..... LI Jie, ZHANG Yuandong, GU Fengxue, et al (1490)
- Assessment of the habitat suitability for waterfowls in the Panjin, Liaoning with GIS and remote sensing
..... DONG Zhangyu, LIU Dianwei, WANG Zongming, et al (1503)
- Distribution of soil macropores and their influence on saturated hydraulic conductivity in the Huoditang forest region of the
Qinling Mountains LU Bin, ZHANG Shengli, LI Kan, et al (1512)

- Influences of phosphorus concentration on interactions among *Microcystis aeruginosa*, *Daphnia magna* and *Ceratophyllum demersum* ...
 MA Jianmin, JIN Ping, GUO Meng, et al (1520)
- Allelopathic inhibition and mathematical models of *Chara vulgaris* extracts on two freshwater algae species
 HE Zongxiang, LIU Lu, LI Cheng, et al (1527)
- Flora analysis of riparian vegetation in Yongding-Haihe river system, China XIU Chen, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua (1535)
- Stream habitat assessment of Dong River, China, using *River Habitat Survey* method
 WANG Qiang, YUAN Xingzhong, LIU Hong, et al (1548)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Appling SWAT model to explore the impact of changes in land use and climate on the streamflow in a Watershed of Northern
 China GUO Juntong, ZHANG Zhiqiang, WANG Shengping, et al (1559)
- Climate response of tree growth along an altitudinal gradient in the Changbai Mountains, Northeast China
 CHEN Li, YIN Yunhe, ZHAO Dongsheng, et al (1568)
- The dispersion of airborne pollen and its relationship with major climatic parameters in Shijiazhuang
 LI Ying, LI Yuecong, LÜ Suqing, et al (1575)
- The change of soil carbon and nitrogen under different grazing gradients in Hulunber meadow steppe
 YAN Ruirui, XIN Xiaoping, WANG Xu, et al (1587)
- Spatial distribution and influencing factors of farmland soil organic matter and trace elements in the nansihu region
 WU Jie, LI Yuhuan, LI Zengbing, et al (1596)

Resource and Industrial Ecology

- Transnational land use and its potential environmental consequence LU Xiaoxuan (1606)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 薛建辉

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 6 期 (2014 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 6 (March, 2014)

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel: (010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元