

# 千渭之会国家湿地公园植物多样性调查评价

李欣莅,弓 弼\*,高丽娟,宫晓琳

(西北农林科技大学 风景园林艺术学院,陕西 杨陵 712100)

**摘 要:**以宝鸡市千渭之会国家湿地公园的植物为调查对象,采用样方法及数据统计与分析的方法,调查和评价植物多样性,为湿地公园植物景观的提升和可持续发展提供科学依据。结果表明:1)研究区共有植物 225 种,隶属 64 科 186 属,优势科有禾本科(Gramineae)、菊科(Compositae)、蔷薇科(Rosaceae)和豆科(Leguminosae)。2)公园建设保留并利用的野生种共 124 种,隶属 31 科 112 属,栽培种 101 种,隶属 45 科 80 属。3)Shannon-Wiener 多样性( $H'$ )在 0.881~2.277, Simpson 多样性指数( $DS'$ ) 在 0.459~0.869, Pielous 均匀度( $JP'$ ) 在 0.2~0.522。 $\alpha$  多样性的变化趋势与丰富度指数变化趋势较为一致。4)植物多样性的范围是受污染和人工种植所引起的优势种的影响与干扰。

**关键词:**千渭之会湿地公园;植物多样性;调查评价

**中图分类号:**S732      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2018)04-0268-05

## Investigation and Evaluation of Plant Diversity in Qianweizhihui National Wetland Park

LI Xin-li, GONG Bi\*, GAO Li-juan, GONG Xiao-lin

(College of Landscape Architecture and Arts, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Taking the plants of the National Wetland Park of Qianweizhihui in Baoji as the survey object, sampling methods and data statistics and analysis methods were adopted to investigate and evaluate plant diversity to provide scientific basis for the promotion and sustainable development of plant landscapes in the wetland park. The results showed 1) 225 plant species were observed in the study area, belonging to 64 families and 186 genera. The dominant families were Gramineae, Compositae, Rosaceae and Leguminosae. 2) A total of 124 wild species were reserved and used in the park construction, belonging to 31 families and 112 genera, 101 cultivated species, belonging to 45 families and 80 genera. 3) The ranges of Shannon-Wiener diversity ( $H'$ ), Simpson diversity index ( $DS'$ ), and Pielous evenness ( $JP'$ ) were 0.881—2.277, 0.459—0.869, and 0.2—0.522, respectively. The variation trend of  $\alpha$  diversity was in line with that of richness index. 4) The plant diversity was the result of the impact and interference of dominant species caused by pollution and artificial planting.

**Key words:** wetland park; plant diversity; investigation and evaluation

河流湿地具灌溉、调蓄、运输、饮水、养殖、观赏等多种功能,作为淡水供应者对周边下游地区极为重要<sup>[1]</sup>。湿地是生产力和生物多样性最丰富的生态系统<sup>[2]</sup>,是发展中国家特别重要的自然资源,因为它们为当地人提供多样化的生态服务和社会经济效益<sup>[3]</sup>。湿地植物多样性是直接影响湿地质量和野生

动物的栖息地状况的因素之一,是生物多样性研究的重要内容,对维持湿地生态功能和生态系统的稳定有重要作用<sup>[4]</sup>。植物种植丰富度对湿地的植物覆盖和功能恢复产生积极的影响<sup>[5]</sup>。通过植被根系恢复湿地地下水位的生态效果优于昂贵的水工技术而且成本更低<sup>[6]</sup>。

收稿日期:2017-11-12 修回日期:2018-04-03

作者简介:李欣莅,女,在读硕士,研究方向:园林规划设计。E-mail:409256965@qq.com

\*通信作者:弓 弼,男,副教授,硕士生导师,研究方向:园林规划设计。E-mail:gingbi@sina.com

由于湿地建设项目越来越普遍,需要进行有意义的后续研究来评估湿地生态系统随着时间的变化<sup>[7]</sup>。宝鸡市千渭之会国家湿地公园是对原有生产经营低效的水产池塘、水塘、灌溉地、农用泛洪湿地渠等具有湿地特征的区域,通过人为规划为了保护湿地资源而建的人工湿地。本研究以千渭之会国家湿地公园为研究区,对其植物组成和多样性进行分析,进而为湿地资源的保护提供依据。

1 研究区概况

宝鸡市地处陕西省关中地区西部,地理坐标位置为 106°18′—108°03′E,33°35′—35°06′N,总面积 18 172 km<sup>2</sup>。属于暖温带季风气候,年平均气温 7.6~12.9℃,年平均降水量 590~1 000 mm,年均日照 1 860~2 250 h<sup>[8]</sup>。湿地公园位于宝鸡市高新区的渭河城区段和千河王家崖水库至入渭交汇处,东西长约 7 km,南北长约 17 km。范围周边涉及陈仓区贾村镇、凤翔县长青镇、高新区千河镇等 3 个镇的 23 个行政村,总面积为 1 864.0 hm<sup>2</sup>。其中湿地面积 1 716.3 hm<sup>2</sup>,占公园总面积的92.1%。地理坐标介于 107°13′—107°20′E,34°19′—34°28′N。

2 研究方法

2.1 调查方法

2017 年 5—7 月,采用样方法对湿地公园植物进行全面调查。根据实际条件将绿地类型分为人工湿地、自然湿地、游园绿地和河堤园路绿地四种。根据不同的群落结构,布置不同面积的样方,乔木林样方面积为 20 m×20 m,记测株数、种名、树高、胸径;灌木丛样方面积为 5 m×5 m,草本群落样方面积为 1 m×1 m,灌木及草本样方中分别记录种名、株数(丛数)、高度,估算盖度,多次定点调查,以确保调查的准确<sup>[9-10]</sup>。直接观察记录种类,对不熟识的野生植物采集标本后初步鉴定种类,同时对每种植物的花、叶、果实等特征以及生长情况拍照,依据《中国高等植物图鉴》和《中国植物志》及相关的著作、文献<sup>[11-17]</sup>等,准确地鉴定野生植物的种、属,在此基础上进行科、属、种的统计以及植物生活型、植物多样性等方面的分析研究。

2.2 多样性指数测度方法

利用重要值(IV)和 α 多样性指数,选用 Shannon-Wiener 多样性指数(*H*)、Simpson 多样性指数(*DS*)、Pielou 均匀度指数(*JP*)作为植物多样性的指标,用于估计湿地的多样性和相对丰度<sup>[17-18]</sup>。

Shannon-Wiener 多样性指数(*H*)

$$H=-\sum_{i=1}^k p_i \ln p_i$$

Simpson 多样性指数(*DS*)

$$DS=1-\sum_{i=1}^k p_i^2$$

Pielou 均匀度指数(*JP*)

$$JP=H/\ln S$$

式中,*N<sub>i</sub>* 为第 *i* 个种在样方中的重要值,*N* 为样方中所有种的重要值之和,*p<sub>i</sub>* = *N<sub>i</sub>* / *N*, *S* 为样方内物种总数。

3 结果与分析

3.1 科、属、种的统计分析

研究区共有植物 225 种,隶属 64 科 186 属。其中裸子植物 3 科 5 属 7 种;被子植物 59 科 179 属 215 种,蕨类植物 2 科 2 属 3 种,双子叶植物 162 种,占 72%。野生种共 124 种,隶属 31 科 112 属,70.97%为双子叶植物,27.42%单子叶植物,1.61%为蕨类植物;栽培植物 101 种,隶属 45 科 80 属,73.27%为双子叶植物,18.81%为单子叶植物,6.93%为裸子植物,0.99%为蕨类植物。

表 1 科的统计与比较

Table 1 Statistics and comparison of plant families		
种数	科数	占比/%
≥20 种	3	4.69
10~19 种	1	1.56
6~9 种	4	6.25
2~5 种	23	35.94
单种科	33	51.56
合计	64	100.00

如表 1 所示,禾本科(Gramineae)29 属 32 种,菊科(Compositae)18 属 24 种,蔷薇科(Rosaceae)16 属 23 种,豆科(Leguminosae)14 属 23 种,为优势科。其次是十字花科(Cruciferae)7 属 7 种,唇形科(Labiatae)7 属 7 种,紫草科(Boraginaceae)5 属 5 种,莎草科(Cyperaceae)5 属 5 种,茄科(Solanaceae)4 属 4 种,木犀科(Oleaceae)4 属 8 种,石竹科(Caryophyllaceae)4 属 5 种。

在人工绿地中主要乔木以白皮松(*Pinus bungeana*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、垂柳(*Salix babylonica*)、国槐(*Sophora japonica*)、榆树(*Ulmus pumila*)、栎树(*Koelreuteria paniculata*)、泡桐(*Paulownia fortunei*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、臭椿(*Ailanthus altissima*)等为主,其中经济树种有柿(*Diospyros kaki*)、山楂(*Crataegus pinnatifida*)、皂角(*Gleditsia sinensis*)等,灌木有迎春花(*Jasminum nudiflo-*

rum)、棣棠(*Kerria japonica*)、榆叶梅(*Amygdalus triloba*)、紫叶矮樱(*Prunus*×*cistena*)、金山绣线菊(*Spiraea* ×*bumalda* cv. Goalden Mound)、大叶黄杨(*Buxus megistophylla*)等,人工绿地草本以剪股颖(*Agrostis clavata*)、苜蓿(*Medicago sativa*)、白车轴草(*Trifolium repens*)、细叶芒(*Miscanthus sinensis* cv. *gracillimus*)。在湿地植物中,芦苇(*Phragmites australis*)是目前的先锋植物,在湿地公园建成区覆盖了大约 50%的水域,除此以外还分布有千屈菜(*Lythrum salicaria*)、菖蒲(*Acorus calamus*)、香蒲(*Typha orientalis*)等。野生植被主要分布在湿地公园沿线的待建区域,主要为大量的野生草本植物,偶有构树(*Broussonetia papyifera*)、榆树、毛白杨(*Populus tomentasa*)、银柳(*Salix chienii*)等乔木零星分布。野生草本多达 150 余种,其中以禾本科、菊科、豆科、十字花科、唇形科、莎草科、紫草科最为多见。另外在绿地建成区也分布有大量的野生草本植物。

3.2 区系分析

植物区系是在自然和历史等条件综合作用而演化发展形成的,通过对一个地区植物区系的分析,可以评价出植物区系组成的现状、地位及物种丰富度,对植物资源调查,引种驯化,提高植物多样性等工作提供基础资料<sup>[15]</sup>。

宝鸡市地处亚洲大陆暖温带区域,属季风型气候。根据《世界种子植物科的分布区类型系统》<sup>[15]</sup>

统计分析得,种子植物大致可划分为 7 个分布类型和 4 个变型(表 2)。从科的分布类型来看,世界广布的占多数,达 29 个,占总科数的 45.31%。热带广布及北温带和南温带间断分布科分别有 12 个和 8 个,占 18.75%和 12.50%。热带、温带成分明显。

表 2 种子植物的科分布区类型

Table 2 Types of regional distribution of seed plant families		
分布型	科数	占比/%
1 广布(世界广布)	29	45.31
2 泛热带(热带广布)	12	18.75
2-2 热带亚洲-热带非洲-热带美洲(南美洲)	2	3.13
2S 以南半球为主的泛热带	1	1.56
3 东亚(热带、亚热带)及热带南美间断	2	3.13
4 旧世界热带	1	1.56
8 北温带	3	4.69
8-4 北温带和南温带间断分布	8	12.50
8-5 欧亚和南美洲温带间断	1	1.56
9 东亚及北美间断	3	4.69
10 旧世界温带	1	1.56
合计	64	100.00

3.3 生活型分析

按照《中国植被》的生活型系统<sup>[17]</sup>,植物生活型主要包括乔木、灌木、草本和藤本植物。统计得,湿地公园中有木本植物 79 种,占总数 35.11%;草本植物 140 种,占总数的 62.22%,藤本植物相对较少,仅 8 种,占总数的 3.56%。乔:灌:藤本:草的比例为 41:36:8:140。对野生植物与栽培植

表 3 野生植物和栽培植物的生活型种数分布

Table 3 Wild plant and cultivated plant life-type species distribution

级别	一级	二级	种数		比例/%	
野生植物生活型分类	乔木	阔叶乔木	2	2	0.89	0.89
		灌木	5	8	2.22	3.55
	藤本	小半灌木	3		1.33	
		多年生草质藤本	3	6	1.33	2.66
		1 年生草质藤本	3		1.33	
	草本	多年生草本	59	108	26.22	48.00
		1~2 年生草本	13		5.78	
		1 年生草本	34		15.11	
		1 年生寄生草本	1		0.44	
		挺水草本	1		0.44	
栽培植物生活型分类	乔木	针叶乔木	3	39	1.33	17.33
		阔叶乔木	36		16.00	
	灌木	阔叶灌木	27	28	12.00	12.44
		小半灌木	1		0.44	
	藤本	木质藤本	2	2	0.89	0.89
	草本	多年生草本	24	32	10.67	14.22
		1 年生草本	5		2.22	
		挺水草本	1		0.44	
		浮叶草本	2		0.89	
合计	—	—	225	225	100.00	100.00

物分别进行统计及分析,由表 3 可知,湿地公园中野生植物共 124 种,占总数的 55.1%,以野生草本植物为主,共 108 种,占野生植物总数的 87.1%,占有草本植物总数的 77.14%。可得野生植物物种数量略高于栽培植物,野生植物中草本占绝大多数,在草本植物中,野生种所占比例非常高。栽培植物共 101 种,占总数的 44.9%。其中乔木 39 种,所占比例最高,占栽培种数量的 38.61%,占有乔木总数的 95.12%,即乔木的绝大多数是栽培种。栽培植物中草本植物 32 种数量仅次于乔木数量,占栽培植物总数的 31.68%,其次是栽培种灌木 28 种,占栽培植物总数的 27.72%。

3.4 水分生态型分析

根据植物与水分的关系,将生长在水中的植物统称为水生植物;生长在潮湿环境中,不能忍受较长时间水分不足的植物称为湿生植物;生长在水分条件适中生境中的植物称为中生植物;生长在干旱环境中,能长期耐受干旱环境,且能维护水分平衡和正常的生长发育的植物称为旱生植物<sup>[19-22]</sup>。

千渭之会国家湿地公园的植物水分生态型主要包括水生、湿生、中生、旱生 4 种。由表 4 可知,在调查的植物中,中生植物 103 种,所占比例最高,达到 45.77%,其次是湿生植物 46 种和旱生植物 44 种,分别占总数的 20.44%和 19.56%。水生植物 32 种,所占比例最小,为 14.22%。湿地公园中栽培的水生植物芦苇占了绝大部分,成为优势物种。

表 4 植物水分生态型种数分布

Table 4 Plant water ecotypes species distribution		
水分生态型	种数	占比/%
水生	32	14.22
湿生	46	20.44
中生	103	45.77
旱生	44	19.56
合计	225	100.00

3.5 植物多样性分析

按照预定的设计,本次调查共设置样方 30 个,其样方多样性数据如表 5。

可以发现,湿地公园内各个区域 Shannon-Wiener( $H$ )、Simpson( $DS$ )和 Pielou( $JP$ )范围分别在 0.881~2.277、0.459~0.869 和 0.2~0.522。Shannon-Wiener( $H$ )的平均值为 1.50,其中 43.33%的样地高于平均值,Simpson( $DS$ )平均值为 0.73,其中 63.33%的样地高于平均值,Pielou( $JP$ )平均值为 0.31,其中 46.67%的样地高于平均值。

将各样地类型内的数据取平均值(表 6),可以看出,2种湿地环境显示出比湿地周围绿地更高的

表 5 植物多样性

Table 5 Plant species diversity			
绿地类型	Shannon-Wiener ( $H$ )	Simpson ( $DS$ )	Pielou ( $JP$ )
人工湿地	2.277	0.869	0.354
	1.741	0.804	0.397
	1.199	0.663	0.260
	1.380	0.747	0.302
	2.162	0.849	0.244
	1.499	0.739	0.294
自然湿地	1.869	0.834	0.437
	2.096	0.866	0.414
河堤园路绿地	1.047	0.595	0.221
	1.854	0.824	0.352
	1.869	0.820	0.357
	2.020	0.853	0.326
	1.372	0.683	0.299
	0.990	0.590	0.204
	1.045	0.629	0.268
	1.007	0.606	0.248
	0.881	0.459	0.203
	1.117	0.618	0.200
游园绿地	1.175	0.656	0.284
	1.589	0.791	0.522
	1.500	0.765	0.276
	1.348	0.732	0.262
	1.440	0.732	0.304
	1.460	0.751	0.324
	1.549	0.743	0.380
	1.275	0.695	0.387
	1.739	0.774	0.312
	1.602	0.761	0.254
均值	1.346	0.712	0.356
	1.687	0.799	0.382
均值	1.50	0.73	0.31

表 6 各取样区域的多样性平均值

Table 6 Average of diversity for each sample area			
类型	Shannon-Wiener ( $H$ )	Simpson ( $DS$ )	Pielou ( $JP$ )
人工湿地	1.71	0.778 5	0.308 5
自然湿地	1.983	0.85	0.425 5
河堤园路绿地	1.293	0.674	0.280
游园绿地	1.523	0.748	0.342

物种丰富度和多样性,湿地环境中自然湿地显示出比人工湿地更高的物种丰富度、多样性和均匀度,且物种多样性越高,湿地生态环境越趋于稳定;湿地周围绿地中游园显示出比河堤道路更高的物种丰富度、多样性和均匀度。

自然湿地以野生植物为主,草本占野生植物种数的 87.1%,居绝对优势地位,故自然湿地中植物生活型种类较少,植物群落层次不明显。而人工湿

地的原有野生水生植物种类所占比例较小,大部分的水生植物为人工栽植种类,芦苇所占比例可达 2/3,植物丰富度不足。周围绿地中包括典型的人工植物群落生物多样性、均匀度指数皆较低,而生活型种类较多,植物层次丰富,在种植过程中单一的注重景观,造成各个群落的均质化,另外人工种植的植物生长旺盛后,对其他植物在其中的生长起到了一定的抑制作用,成为单优群落或共优群落,造成均匀度偏低;而野生与人工植物相结合的群落生物多样性和均匀度均较高,生活型种类也较多,植物层次丰富。

## 4 结论与讨论

湿地是生产力和生物多样性最丰富的生态系统<sup>[2]</sup>,但由于人为活动诸如排水、过度放牧、种植和污染等扰乱行为会干扰敏感物种,减少植物物种的多样性致使它们逐步退化。一般来说,生态系统的多样性的减少会经历 3 个重要过程:干扰、竞争排斥和环境异质性<sup>[17]</sup>。建议自然湿地应充分利用时间变化和垂直空间变化,建立结构合理、富于层次变化的湿地植物群落;河道内的公园主体部分建议构建湿生木本-挺水植物-沉水植物相结合的群落模式,因地制宜选用耐水湿型木本植物,如水杉、旱柳、垂柳、篾柳、枫杨等,并根据各类树种耐水湿程度不同,在湿地的不同区域合理配植;挺水植物除芦苇外,增加香蒲、水葱、千屈菜、芦竹、泽泻、茭白、荷花等;沉水植物可以配植苦草、金鱼藻等。湿地公园中湿地周围绿地的建设中,人工栽植要尽量选用乡土树种,避免造成群落均质化,可使用一些野趣丰富的花草,使地被层富有层次,同时增加了湿地公园的野趣特色。根据不同类型的生态特性建立物种丰富、结构合理、富于季相变化<sup>[21]</sup>的湿地植物群落,以提高千渭之会湿地公园的植物的物种多样性,但通过构建人工湿地的方法来增加湿地的生物多样性还需要更多的恢复时间和更为先进的修复技术。现阶段公园的大部分仍属于未开放状态,仅有少数钓鱼爱好者和游人在公园内活动,但由于公园湿地环境的退化,一些植被已经锐减甚至濒临或已经灭绝。所以建议公园在正式对外开放之前,进行一段时期的封育;同时为保护保证公园湿地植被的长期性以及稳定性,在公园开放后,每隔一定时期即封闭公园,进行植被封育。实施封育技术措施,可有效控制人为活动对湿地植被的干扰,促进湿地植被恢复,丰富湿地植被生物量,增加植被覆盖度,提高生物多样性。

## 参考文献:

[1] JANKS M R,SIEBEN E J,BARKER N P. Montane wetlands

of the eastern cape:an investigation of plant biodiversity and vegetation community types[J]. South African Journal of Botany,2013,86:166-167.

[2] Ramsar Convention Secretariat. The Ramsar convention manual;a guide to the convention on wetlands(Ramsar, Iran,1971, 5th ed[C]. Ramsar Convention Secretariat,Gland,2011.

[3] 彭映辉,简永兴,王建波,等. 湖北省五大湖泊水生植物多样性的比较研究[J]. 水生生物学报,2004,28(5):464-470.

PENG Y H, JIAN Y X, WANG J B, *et al.* A comparative study on aquatic plant diversity in five largest lakes of Hubei Province in China[J]. Acta Hydrobiologica Sinica,2004,28(5):464-470. (in Chinese)

[4] 许军,王召滢,唐山,等. 鄱阳湖湿地植物多样性资源调查与分析[J]. 西北林学院学报,2013,28(3):93-97.

XU J, WANG Z Y, TANG S, *et al.* Investigation and analysis of the resources of wetland plant diversity in Poyang lake[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(3):93-97. (in Chinese)

[5] MARY M, CHANGWOO A, GREGORY B, *et al.* Planting richness affects the recovery of vegetation and soil processes in constructed wetlands following disturbance [J]. Science of Total Environment,2017,579:1366-1378.

[6] DOMINIK K, DOROTA M, EWA K. The relationship between vegetation and groundwater levels as an indicator of spontaneous wetland restoration [J]. Ecological Engineering,2013,57:242-251.

[7] Miranda A, Scott F, ZHU W X. Loss of plant biodiversity over a seven-year period in two constructed wetlands in central new york[J]. Environmental Management,2013,51(5):1067-1076.

[8] 赵昕. 宝鸡市生态环境测评及其可持续发展评价[D]. 西安:陕西师范大学,2007:9.

[9] 邓志平,俞青青,朱炜,等. 生态恢复在城市湿地公园植物景观营造中的应用——以西溪国家湿地公园为例[J]. 西北林学院学报,2009,24(6):162-165.

DENG Z P, YU Q Q, ZHU W, *et al.* Application of the ecological restoration theory in the construction of planting landscape design of urban wetland park——a case in Xixi National Wetland Park[J]. Journal of Northwest Forestry University,2009,24(6):162-165. (in Chinese)

[10] 贺学林,加建斌,鲁周民. 毛乌素沙地饲料用植物资源研究[J]. 西北林学院学报,2008,23(5):108-111.

HE X L, JIA J B, LU Z M. Feed plant resource in the Maowusu sand area[J]. Journal of Northwest Forestry University,2008,23(5):108-111. (in Chinese)

[11] 刘亮,朱太平,吴珍兰,等. 中国植物志:9 卷(第 2 分册)[M]. 北京:科学出版社,1988:28.

[12] 王战,周以良,于兆英,等. 中国植物志:20 卷(第 2 分册)[M]. 北京:科学出版社,1998:136-138.

[13] 张秀实,吴征镒,曹子余. 中国植物志:23 卷(第 1 分册)[M]. 北京:科学出版社,1998:156.

[14] 王建文. 福建野生观赏植物资源评价及多样性研究[D]. 福州:福建农林大学,2005:35.

[15] 吴征镒. 世界种子植物科的分布区类型系统[J]. 云南植物研究,2003,25(3):245-257.

大学出版社,2003:56-67.

[6] 谷康,赵梦蕾,刘广宁. 城市绿地景观风貌的特色营建——以江苏武进中心城区为例[J]. 西北林学院学报,2013,28(5):195-199.

GU K,ZHAO M L,LIU G N. Construction of the unique feature of urban space landscape——a case study on Wujin urban distract in Jiangsu[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(5):195-199. (in Chinese)

[7] 宁惠娟,张晶晶,邵锋. 蓝色花卉在杭州园林中的应用[J]. 西北林学院学报,2011,26(3):173-176.

NING H J,ZHANG J J,SHAO F,*et al.* Investigation on landscape application of blue flower plants in Hangzhou[J]. Journal of Northwest Forestry University,2011,26(3):173-176. (in Chinese)

[8] 夏宜平,顾颖振,丁一,等. 杭州园林花境应用与配置调查[J]. 中国园林,2007,23(1):89-94.

XIA Y P, GU Y Z, DING Y, *et al.* Application status and planting design of flower borders in Hangzhou[J]. Chinese Landscape Architecture,2007,23(1):89-94. (in Chinese)

[9] 蒋喆,胡希军,雷芳,等. 英式自然风景园的景观元素特点及植物运用研究[J]. 西北林学院学报,2015,30(3):286-292.

JIANG Z,HU X J,LEI F,*et al.* Landscape element characteristics and plant application of English landscape garden[J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(3):286-292. (in Chinese)

[10] 冯黎,张洁,荆瑞,等. 北京地区景天属植物资源及园林应用评价[J]. 西北林学院学报,2015,30(5):278-282.

FENG L,ZHANG J,JING R,*et al.* Investigation and analysis of resources and application of sedum in Beijing[J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(3):286-292. (in Chinese)

[11] 魏亮亮,陈雅珊. 基于 AHP 的徐州城市公园花境植物景观评价[J]. 福建林业科技,2015,42(1):160-165.

WEI L L,CHEN Y S. AHP-based evaluation on flower border plant landscape of city parks in Xuzhou[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology,2015,42(1):160-165. (in Chinese)

[12] 谭祎,蔡如,郭颖涛. 园林植物造景信息系统的构建[J]. 西北林学院学报,2014,29(4):282-285.

TAN Y,CAI R,GUO Y T. Constuction of information system for garden plant landscaping[J]. Journal of Northwest Forestry University,2014,29(4):282-285. (in Chinese)

[13] 唐贤文. 花境在南溪山公园的应用浅析[J]. 南方园艺,2017,28(2):39-40.

[14] 王美仙,刘燕. 花境及其在国外的研究应用[J]. 北方园艺,2006(4):135-136.

[15] 葛玉锦. 花境在郑州市园林绿化中的应用研究[D]. 新乡:河南科技学院,2017.

[16] 刘丹丹. 中外园林花境营造比较与发展趋势研究——杭州为例[D]. 杭州:浙江大学,2016.

[17] 欧阳舒怡,洗丽铎,翁殊斐,等. 广州公园花境植物种类和配置模式[J]. 林业与环境科学,2017,33(3):80-85.

OUYANG S Y,XIAN L H,WENG S F,*et al.* Analysis of plant species and confi guration patterns of flower border in Guangzhou city parks Guangzhou city parks[J]. Forestry and Environmental Science,2017,33(3):80-85. (in Chinese)

(上接第 272 页)

[16] 中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京:科学出版社,1980:167.

[17] 吴明,蒋科毅. 杭州湾湿地环境与生物多样性[M]. 北京:中国林业出版社,2011:96-97.

[18] 陈廷贵,张金屯. 十五个物种多样性指数的比较研究[J]. 河南科学,1999(17):56-71.

CHEN T G,ZHANG J T. A comparison of fifteen species diversity indices[J]. Henan Science,1999(17):56-71. (in Chinese)

[19] 吴迪,李佳珊,张冬有. 森林空气负离子浓度与环境温湿度指数的关系研究[J]. 森林工程,2017,33(6):25-30.

WU D,LI J S,ZHANG D Y. Relationship between the concentration of negative ion in forest air and the environmental temperature and humidity index [J]. Forest Engineering,2017,33(6):25-30. (in Chinese)

[20] MUELLER-DOMBOIS D,ELLENBERG H. Aims and Methods of Vegetation Ecology[M]. New York: John Wiley & Sons,1974:139-147.

[21] WHITTAKER R H. Communities and Ecosystems[M]. New York:Macmillan Company,1970:6-17.

[22] CONNELL J H. Diversity in tropical forests and coral reefs [J]. Science,1978:1302-1310.