

doi : 10. 16473/j. cnki. xblykx1972. 2021. 02. 008

# 喀斯特多山城市植物群落物种多样性空间分异特征 ——以安顺市为例\*

向杏信<sup>1</sup>, 王志泰<sup>1,2</sup>, 范春苗<sup>1</sup>, 邓国平<sup>1</sup>

(1. 贵州大学 林学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州大学 风景园林规划设计研究中心, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** 为探析喀斯特山地城市生物多样性特征及其影响因素, 以黔中典型多山城市——安顺市为研究对象, 运用生物多样性相关理论与方法, 分析了安顺市植物物种多样性特征及其影响因素。结果表明: (1) 安顺市植物群落物种多样性指数偏低, 不同空间区域中差异较大, 西南片区和中心区域低而东北片区最高; (2) 不同绿地类型中植物群落物种多样性指数由高到低的顺序为区域绿地、公园绿地、附属绿地、防护绿地、广场绿地; (3) 在不同方位中较为发达的中心城区与西南方位上多样性较低, 东北方位最高; (4) 自然绿地的植物群落物种多样性高于人工绿地和半人工、半自然绿地; (5) 海拔 1 400 m 以上区域的多样性高于海拔 1 400 m 以下的区域。城市内植物群落物种多样性受地形地貌和城市发展的影响表现出较大的差异性, 通过采取相应措施来调节人类活动与自然环境之间的关系, 合理构建生态廊道, 加强不同类型生境间的内在联系, 让城市内的生态得到更好的保护与发展。

**关键词:** 喀斯特多山城市; 安顺市; 空间分异性; 植物多样性

**中图分类号:** S 718.3   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1672-8246 (2021) 02-0056-06

## Spatial Differentiation Characteristics of Plant Community Species Diversity in Karst Mountainous City: A Case Study of Anshun City

XIANG Xing-xin<sup>1</sup>, WANG Zhi-tai<sup>1,2</sup>, FAN Chun-miao<sup>1</sup>, DENG Guo-ping<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang Guizhou 550025, P. R. China;

2. Research Center for Landscape Architecture Planning and Design, Guizhou University, Guiyang Guizhou 550025, P. R. China)

**Abstract:** In order to explore the characteristics of biodiversity and its influencing factors in karst mountainous cities, Anshun City, a typical mountainous city in Central Guizhou Province, was selected as the research object, and the characteristics and influencing factors of plant species diversity in Anshun City were analyzed by using biodiversity related theories and methods. The result showed that: (1) The species diversity index of plant community in Anshun City is low, and the difference is large in different spatial regions. The southwest area and the central area are low, while the northeast area is the highest; (2) The order of plant community species diversity index from high to low in different green space types is regional green space, park green space, attached green space, protected green space and square green space; (3) The more developed center in different directions, the lower diversity in southwest orientation, the highest in northeast orientation; (4) The species diversity of plant community in natural green space is higher than that in artificial green space and semi-artificial and semi-natural green space; (5) The diversity of the area above 1 400 m is higher than that of the area below 1 400 m. The species diversity of plant communities in

\* 收稿日期: 2020-08-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (32060367), 贵州省科学技术基金重点项目 ([2020] 1Z011)。

第一作者简介: 向杏信 (1992—), 硕士, 主要从事生态修复与园林规划设计研究和林业调查规划工作。E-mail: 249832328@ qq. com

通信作者简介: 王志泰 (1975—), 教授, 博士, 主要从事景观生态修复与园林规划设计研究工作。E-mail: ztwang@ gzu. edu. cn

cities shows great differences due to the influence of topography, geomorphology and urban development. By taking corresponding measures to adjust the relationship between human activities and the natural environment, reasonable construction of ecological corridor, strengthen the internal relationship between different types of habitats, so that the city's ecology could be better protected and developed.

**Key words:** Karst mountainous city; Anshun city; spatial difference; plant diversity

当前城市化进程速度日益加快, 土地利用资源开发强度越来越大, 城市化进程所带来的问题引起众多学者的广泛关注<sup>[1]</sup>, 尤其在城市林业生物多样性上表现十分明显<sup>[2]</sup>。目前城市林业生物多样性研究主要集中在植物多样性<sup>[3]</sup>、植物群落物种多样性<sup>[4-5]</sup>、城市绿地系统多样性保护<sup>[6]</sup>等, 并且有向体形小的生物发展的趋势, 如草本植物多样性<sup>[7-8]</sup>、浮游植物多样性研究<sup>[9]</sup>等, 在城市林业生物多样性影响因素方面主要开展了城市化<sup>[10]</sup>、绿地景观格局<sup>[11]</sup>对生物多样性的影响研究, 而在山地城市中涉及生物多样性的研究主要有生物多样性保护规划<sup>[12]</sup>、绿地系统构建<sup>[13]</sup>、景观格局<sup>[14]</sup>、城市森林物种多样性<sup>[15]</sup>。虽然, 关于城市林业生物多样性方面的研究已非常广泛, 但是系统性探究城市林业植物群落物种多样性差异性研究并不多见, 尤其是针对特殊的喀斯特多山城市的相关研究鲜见报道。基于此, 本研究选取山地城市中生态环境脆弱的喀斯特山地城市为研究对象, 以典型喀斯特山地城市安顺市为例, 采用生物多样性理论及其研究方

法对喀斯特多山城市绿地植物群落物种多样性进行初步研究, 旨在揭示城市生物多样性的分布规律及其差异特征, 为生物多样性保护规划提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

安顺市 (25°21' ~ 26°37' N, 105°13' ~ 106°33' E), 位于贵州省中西部, 处于长江水系乌江流域和珠江水系北盘江流域的分水岭地带, 是世界上典型的喀斯特地貌集中地区, 喀斯特地貌占全域总面积 84.9%。其平均气温在 13.2 ~ 15.0 °C, 属于“东部季风农业气候区”, 四季分明, 降水多集中于 5—8 月, 年平均无霜期 280 d, 年平均相对湿度 80%, 少日照、低辐射。境内大多为亚热带岩溶化高原山地, 地表山岭纵横, 孤立山体较多, 山体分布散乱无序, 且人为开垦的坡耕地较多, 土地荒漠化情况严重。本研究选取范围为安顺市主城区规划区 (图 1), 面积为 264.61 km<sup>2</sup>。

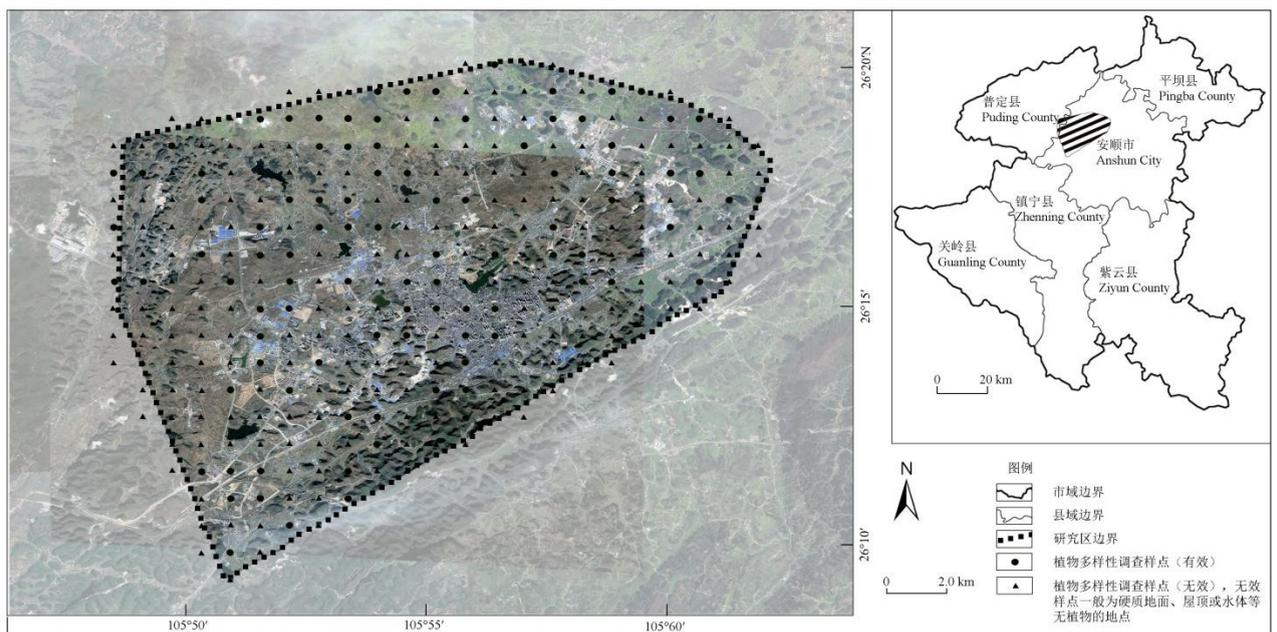


图 1 研究区的地理区位

Fig. 1 Geographical location map of the study area

## 1.2 数据与资料来源

以安顺市2017年Pleiades高分辨率卫星影像图(0.5 m空间分辨率)为基础数据源,划定1 000 m×1 000 m网格覆盖整个研究区域,选定网格交界处为取样点,在取样点上设置植物群落调查样地,通过实地调查研究区内样地植物群落及其物种多样性来获得基础数据。在Arc Map 10.2中利用Spatial Analyst Tools→Density→Kernel Density工具,对城市建设用地面积进行核密度分析,间接揭示城市发展进程。

## 1.3 研究方法

### 1.3.1 植物群落样地设置、调查及植物群落物种多样性指数测定

基于遥感影像,通过空间尺度分析,在整个研究区划定1 000 m×1 000 m网格,网格交界处设取样点,若取样点落在建筑、道路等无植物的硬化设施以及农田上,则去除该样点,共获得有效取样点93处(图1)。在样点上设置40 m×40 m的样地,样地内设置10 m×10 m乔木样方4个,每个乔木样方设5个4 m×4 m的灌木样方、5个1 m×1 m的草本样方<sup>[16]</sup>。

采用植物群落社会学调查方法<sup>[16]</sup>获得基础数据,包括调查记录物种类型、多度、频度、株高、冠幅、盖度(郁闭度)等植被信息,利用手持GPS测量每个样方的地理坐标、海拔、坡向信息。物种多样性测定采用物种丰富度( $S$ )、Margalef指数( $R$ )、Shannon-Wiener( $H'$ )指数、Pielou( $J$ )指数、Simpson( $D$ )指数等<sup>[17]</sup>。计算公式为:

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

$$H' = -\sum P_i \lg(P_i) \quad (2)$$

$$J = H' / \ln S \quad (3)$$

$$D = 1 - \sum P_i^2 \quad (4)$$

式中: $N$ 为总个体数量; $S$ 为总物种数量; $\lg$ 为以10为底的对数; $\ln$ 为以 $e$ 为底的自然对数; $P_i = n_i / N$ , $n_i$ 表示第 $i$ 个物种的个体数量。

### 1.3.2 数据处理

植物群落物种多样性 Margalef 指数、Shannon-

Wiener 指数、Pielou 指数及 Simpson 指数等数据在 Excel 软件进行整理与处理;植物群落物种多样性之间的差异性分析在 SPSS Statistics 20 软件中实现。

## 2 结果与分析

### 2.1 安顺市整体的植物群落物种多样性

表1结果表明,安顺市中心城区规划区内植物群落物种多样性4种指数相较于喀斯特其他地区<sup>[18]</sup>均偏低。喀斯特山地城市植物生境因地表岩石裸露较高,大多数植被生长受此影响严重,且安顺市正处于快速的城市发展建设过程中,区域内植被生态系统可能受此影响,导致植物群落物种多样性指数较低;不同的调查研究区域内多样性指数差距较大,由于某些样点所在生境被建筑或其他不透水用地所隔离,易造成生态孤岛,且在样点内的植被大多受人为活动干扰,故多样性指数比其他未受干扰的样点低,差异明显。

表1 安顺市植物群落物种多样性指数

指数	$R$	$H'$	$D$	$J_h$
均值	2.83±0.07	0.87±0.02	0.78±0.01	0.32±0.004
极小值	0.58	0.25	0.30	0.18
极大值	5.23	1.21	0.91	0.43

注: $R$ 为马格列夫(Margalef); $H'$ 为香农-维纳(Shannon-Wiener); $D$ 为辛普森(Simpson); $J_h$ 为均匀度指数(Pielou)。下同。

### 2.2 不同绿地类型的植物群落物种多样性

由表2可知,规划区内不同绿地类型中植物群落物种多样性存在有差异性,总体上区域绿地和公园绿地植物群落物种多样性指数值相差不大,且高于附属绿地、广场绿地和防护绿地。这表明区域绿地受人为活动影响较小,其植物群落物种多样性指数较高;附属绿地、广场绿地、防护绿地受人工种植因素影响较大,且大多数种植模式较为单一,植物多样性指数偏低;安顺市公园大多为山体公园或依山而建的综合性公园,人工种植绿化偏少,故其植物多样性指数偏高。

表2 不同绿地类型植物群落物种多样性指数

Tab. 2 Species diversity index of plant communities in different green space types

绿地类型	$R$	$H'$	$D$	$J_h$
公园绿地	2.996±0.987ac	0.875±0.076ab	0.785±0.035ab	0.300±0.016a
防护绿地	2.018±0.288bc	0.686±0.074b	0.693±0.046b	0.315±0.017a
广场绿地	1.605±0.506b	0.580±0.117b	0.693±0.048ab	0.278±0.053a
附属绿地	2.376±0.252bc	0.743±0.055b	0.700±0.038b	0.295±0.014a
区域绿地	2.911±0.127a	0.898±0.030a	0.792±0.015a	0.316±0.006a

注:相同字母表示无显著差异( $P>0.05$ ),不同字母表示具有显著差异( $P<0.05$ ),下同。

### 2.3 不同方位的植物群落物种多样性

安顺市不同方位之间植物群落物种多样性指数存在显著性差异(表3),整体上东北、东南方向植物多样性指数高于其他区域,中心城区与西南区

域植物群落物种多样性指数较低。究其原因,中心城区为政治、经济、文化的中心,许多植被所在生境人为干预强烈,而西南区域大多为连片的村庄与农田,故而两个区域的植物多样性较低。

表3 不同方位植物群落物种多样性指数

Tab.3 Species diversity index of plant communities in different positions

方位	<i>R</i>	<i>H'</i>	<i>D</i>	<i>Jh</i>
东北	3.29±0.20a	0.97±0.04a	0.83±0.02a	0.33±0.01a
东南	2.95±0.27ac	0.90±0.07ac	0.78±0.04ac	0.32±0.01ab
西北	2.62±0.16bc	0.84±0.04ac	0.76±0.02ac	0.31±0.01ab
西南	2.13±0.23b	0.76±0.05bc	0.73±0.03bc	0.30±0.01ab
中心	2.29±0.27bc	0.67±0.06b	0.68±0.03b	0.29±0.02b

### 2.4 人工绿地与自然绿地的植物群落物种多样性比较

由表4可以看出,人工绿地与自然绿地植物群落物种多样性存在显著差异,人工绿地中各指数均低于自然绿地。大多数人工绿地是建立在美化、防护和生产等功能之上的,对生物多样性关注较少,且大多数人工绿地种植以乔灌居多,草本植物种类

较少且物种单一,并对绿地中的野生杂草进行清除等措施,这是人工绿地物种多样性指数低于自然绿地的重要原因;在人工绿地与自然绿地的交错区域,其植物群落物种多样性指数与人工绿地差异不明显而低于自然绿地,说明人为活动对区域内植物群落的影响是较大的,群落的自然演替受人为干扰影响严重,物种多样性指数相对较低。

表4 人工与自然植物群落物种多样性指数

Tab.4 Species diversity index of artificial and natural plant communities

	<i>R</i>	<i>H'</i>	<i>D</i>	<i>Jh</i>
人工绿地	2.35±0.20a	0.72±0.04a	0.70±0.03a	0.30±0.01a
交错带	2.31±0.19a	0.78±0.04a	0.74±0.02a	0.31±0.01ab
自然绿地	3.07±0.08b	0.92±0.02b	0.81±0.01b	0.32±0.004b

### 2.5 不同海拔的植物群落物种多样性比较

在不同海拔梯度上植物群落物种多样性指数也存在显著性差异(表5),海拔1400m以上区域物种多样性各指数高于海拔1400m以下的区域。温度和湿度一般伴随着海拔变化而改变,因而在一

定程度上植物群落结构也会随之改变,物种多样性之间存在明显差异;规划区平均海拔1102~1694m,在海拔较低区域存在有大量农用地和自然山体生境的交界区域,生境周边人为活动频繁,自然植被易受破坏,故植物群落物种多样性较低。

表5 不同海拔植物群落物种多样性指数

Tab.5 Species diversity index of plant communities at different altitudes

海拔	<i>R</i>	<i>H'</i>	<i>D</i>	<i>Jh</i>
海拔大于1400m	2.82±0.14	0.88±0.03	0.78±0.02	0.32±0.01
海拔小于1400m	2.47±0.16	0.77±0.04	0.73±0.02	0.30±0.01

### 2.6 城市发展对植物群落物种多样性的影响

因Shannon-Wiener指数既能反映样地内物种数量多少,又能表示物种分布的均匀程度<sup>[16]</sup>,因此选择Shannon-Wiener指数与代表城市发展的建

筑核密度作对比分析,结果如图2所示。在整体尺度上,建筑核密度较高区域,植物群落物种多样性指数较低。城市的发展伴随着建筑的兴建与发展,从而形成人为活动的聚集,由此会对周边植物生境

造成一定的影响而导致其多样性指数降低；在建筑核密度较高的中心城区内部也存在植物群落物种多样性较高的区域，经调查这些区域大多为自然山体和山体公园，为提高人居环境质量而建设，对区域

内山体和山体公园生境内植被加以保护，从而使得植物群落物种多样性指数较其他建筑核密度高的区域所受影响较小。

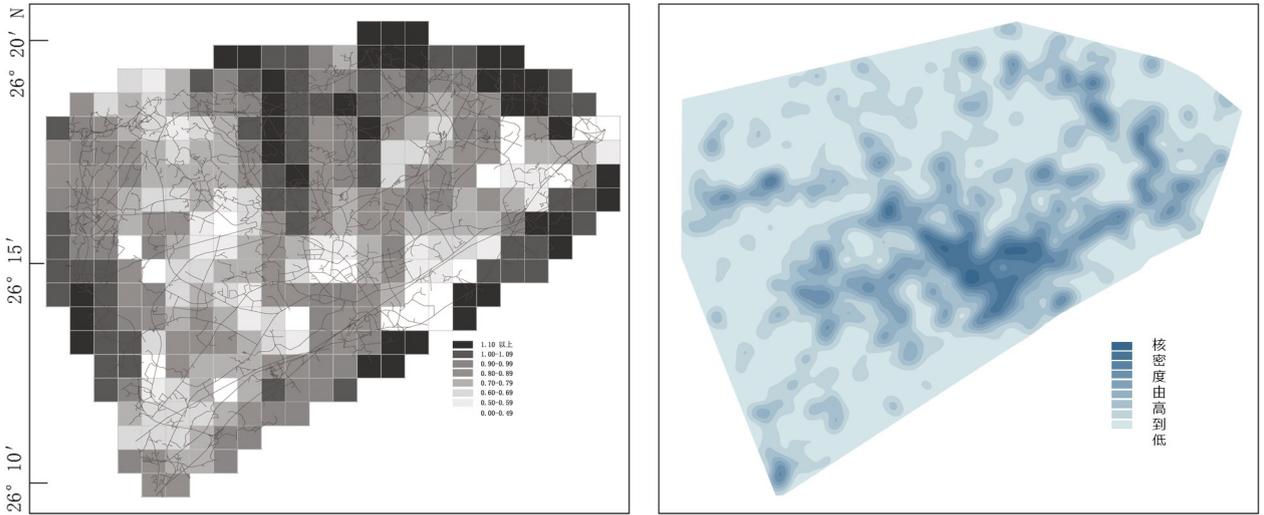


图2 植物群落物种多样性和建筑核密度对比

Fig. 2 Comparison of plant community species diversity and building nuclear density

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

##### 3.1.1 喀斯特山地城市植物群落物种多样性差异性特征

研究表明，喀斯特山地城市林业生物多样性受地形地貌特征影响严重，安顺市整体植物群落物种多样性偏低，且在不同区域差异明显。安顺正处于高速发展的阶段，在城市扩张过程中，随着各种人为的干扰，导致植物群落物种多样性在不同的空间表现出明显差异性。整体而言，城市周边区域植物群落物种多样性远高于中心城区，中心城区由于人口聚集、活动密集且强度较高，使该区域内物种数量较少，种类越来越简单，物种组成、分布愈发不均匀<sup>[19-20]</sup>，植物群落物种多样性也较低。比较不同组分下植物群落物种多样性差异可知，不同组分中多样性差异明显，因植物多样性的影响因素较多，要在多影响因素下维持城市内较好的生态环境，需要解析其主导因素并协调好多方面因素。上述结果可知，地形地貌等自然条件和人类干扰活动是城市植物群落物种多样性的主要影响因素，在喀斯特这一特殊地貌环境背景下，人为活动能对植物

群落物种多样性造成巨大的影响，如何合理的规划建设引导城市的可持续健康发展，减少城市内人为活动对自然生境的破坏是亟需解决的一个问题。

##### 3.1.2 喀斯特山地城市植物群落物种多样性规划的探讨

本文通过探讨城市植物群落物种多样性特征及其影响因素，旨在为喀斯特山地城市植物群落物种多样性规划提供一定的参考。科学合理的城市植物群落物种多样性保护与建设规划，有利于城市林业生物多样性保护，能更好的保护城市的生态环境。喀斯特脆弱生态系统退化的一个重要驱动力是强烈的人为活动干扰<sup>[21]</sup>，由本研究的差异性分析结果可知，植物群落物种多样性与城市的发展有显著的负相关关系，因此在喀斯特山地城市生态环境脆弱区如何协调好两者之间的关系显得尤为重要。植物群落物种多样性保护规划在对物种保护、缓冲区构建及生态廊道建立等过程中，对城市内部联系以及自身的发展会有一些影响，规划过程中应采取相应措施以加强各用地之间的联系程度，如构建生态型绿道、公共绿地<sup>[22]</sup>、湿地保护<sup>[23]</sup>等。由研究结果可知：中心城区内部也出现有植物群落物种多样性较高的区域，大多为镶嵌于建成区的自然山体和山体公园中，这是因为在安顺建设国家园林城市

中,对城市内部的自然山体及山体公园规划保护措施得当,自然山体与山体公园生境受干扰程度较低。由此可见,在山地城市中,城市空间发展适应于自然山水条件的引导和制约<sup>[24]</sup>,深入分析遗存于城市建成区内自然山体植物群落物种多样性较高的机理,在城市扩张过程中合理控制人为活动对自然山体的干扰,并对山体周围划定保护范围,尽可能地保护城市内的生态环境。

### 3.2 结论

安顺市植物群落物种多样性指数偏低,且在不同区域内多样性指数差异较大。不同绿地类型、不同方位等条件下植物群落物种多样性差异性明显,植物物种多样性指数由高到低为的顺序为:区域绿地、公园绿地、附属绿地、防护绿地、广场绿地;空间分布上城市化较为发达的中心区和西南方位上植物物种多样性较低,东北方位最高;自然绿地的植物群落物种多样性高于人工绿地和半人工、半自然绿地;海拔1 400 m以上区域植物物种多样性高于海拔1 400 m以下区域。规划区内建筑核密度较高区域植物群落物种多样性指数一般较低。在城市扩张过程中尽量减少人为活动对山体的干扰,通过采取相应措施来调节人类活动与自然环境之间的关系,如合理构建生态廊道等,加强不同用地类型间的内在联系,使城市绿地成为一个有机的生态系统以有利于维持和发展城市生物多样性。

### 参考文献:

[1] 焦世泰,王鹏,陈景信.滇黔桂省际边界民族地区土地资源可持续利用[J].经济地理,2019,39(1):172-181.

[2] 宫聪.绿色基础设施导向的城市公共空间系统规划研究[D].南京:东南大学,2018.

[3] 赵娟娟,宋晨晨,刘时彦.城市植物种类构成的特征分析——以厦门市为例[J].西南大学学报(自然科学版),2018,40(7):1-8.

[4] 何荣晓.城市化对植物多样性的影响[D].海口:海南大学,2016.

[5] 涂丹丹,刘蔚漪,李媚,等.哀牢山西坡6种典型森林群落及物种多样性研究[J].西部林业科学,2020,49(6):76-84.

[6] 杨培峰,蔡云楠.生态问题导向的城市绿地系统规划建设模式探索——以太原城市为例[J].城市发展研究,

2016,23(9):62-67.

[7] 张楠,董丽,王颀,等.北京城市生态廊道草本植物组成及分布格局[J].中国园林,2018,34(6):94-99.

[8] 张欣欣,翟俊,吴军.城市草本植物多样性设计研究[J].中国园林,2018,34(6):100-105.

[9] 范小晨,代存芳,陆欣鑫,等.金河湾城市湿地浮游植物功能类群演替及驱动因子[J].生态学报,2018,38(16):5726-5738.

[10] 刘高慧,肖能文,高晓奇,等.不同城市化梯度对北京绿地植物群落的影响[J].草业科学,2019,36(1):69-82.

[11] 叶萌,宋于洋,田晓鸽.新疆库勒孔雀公园景观格局与生态服务功能动态分析[J].西北林学院学报,2017,32(3):259-264.

[12] 曾雨静.山地城市生物多样性保护规划策略研究[D].贵阳:贵州大学,2018.

[13] 刘骏.山地城市绿地系统规划问题及对策研究[J].中国园林,2017,33(9):67-71.

[14] 任梅,王志杰,王志泰,等.黔中喀斯特山地城市景观格局指数粒度效应——以安顺市为例[J].生态学杂志,2018,37(10):3137-3145.

[15] 牛丽娟.基于“森林城市”的山地中小城市空间结构优化研究探讨[D].重庆:重庆大学,2012.

[16] 金振洲.植物社会学理论与方法[M].北京:科学出版社,2009:77-83.

[17] 钱迎倩,马克平.生物多样性研究的原理与方法[M].北京:中国科学技术出版社,1994.

[18] 袁铁象,张合平,欧芷阳,等.地形对桂西南喀斯特山地森林地表植物多样性及分布格局的影响[J].应用生态学报,2014,25(10):2803-2810.

[19] Midgley G F. Biodiversity and ecosystem function[J]. Science,2012,335(6065):174-175.

[20] Graham-Rowe D. Biodiversity: endangered and in demand[J]. Nature,2011,480(7378):S101-S103.

[21] 郭柯,刘长成,董鸣.我国西南喀斯特植物生态适应性及石漠化治理[J].植物生态学报,2011,35(10):991-999.

[22] 徐慧锋,徐丽华,吴亚琪,等.杭州城市公共绿地的可达性和公平性分析[J].西南林业大学学报(自然科学版),2019,39(6):152-159.

[23] 车星锦,李华,肖剑平,等.云南泸沽湖省级自然保护区鸟类多样性[J].西南林业大学学报(自然科学版),2019,39(4):116-124.

[24] 王力国.生态和谐的山地城市空间格局规划研究[D].重庆:重庆大学,2016.