

DOI: 10.5846/stxb202004070820

束承继, 蔡文博, 韩宝龙, 李先源, 江南, 欧阳志云. 基于快速普查方法的深圳植被优势种特征研究. 生态学报, 2020, 40(23): 8516-8527.

Shu C J, Cai W B, Han B L, Li X Y, Jiang N, Ouyang Z Y. A study on the characteristics of the dominant vegetation species in Shenzhen based on a rapid-census method. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(23): 8516-8527.

基于快速普查方法的深圳植被优势种特征研究

束承继^{1,2}, 蔡文博², 韩宝龙², 李先源¹, 江南^{1,2}, 欧阳志云^{2,*}

1 西南大学园艺园林学院, 重庆 400100

2 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: 植被普查是了解城市地表植被群落特征最常见的方法, 也是进一步进行城市生态学、植物学等研究的方法基础。基于植被调查的不同目的、不同尺度、不同地貌, 调查人员所选择的方法也各有差异。此次调查旨在对深圳陆域尺度的优势种特征进行研究, 利用高分辨率遥感卫星图片与地面实地调查相结合的方法对深圳陆域植被开展了快速普查, 结果显示: (1) 深圳陆域共有优势植物 182 科、858 属、1443 种, 其中被子植物占主要地位, 占优势植物总种数的 94.66%; (2) 从优势种子植物科的地理分布来看, 深圳陆域优势种子植物科归属于 14 个分布区, 植物地理成分较为复杂, 热带区系属性非常明显; (3) 划分出非邻近的纹理异质性斑块 83834 个, 归为 741 类群系, 12 个植被型, 亚热带常绿阔叶林、亚热带草丛、亚热带灌丛占绝对优势; (4) 经统计, 郊区群系类型较城区更为丰富, 郊区 608 类群系, 城区 569 类群系, 其中, 共有群系 437 类, 城-郊各自优势植物科、属、种数量差异不明显; (5) 对比《中国外来入侵植物名录》和相关学者的学术论文, 筛选出深圳外来入侵植物 62 科、200 属、258 种, 主要集中在豆科、菊科、禾本科等科。根据本次植被快速普查过程和结果给出城市植被管理和改善植被普查方法的建议, 旨在为今后的城市政策制定和规划实施提供科学依据。另外为了验证此次调查方法的科学性和调查结果的正确性, 将本文结果与采用传统长周期方法的两支高校调查队伍的调研结果进行了对比, 本次结果包含高校队伍调查结果优势种数量的 88.5%, 体现了本方法在优势植物物种普查中的有效性。

关键词: 深圳市; 植被普查; 植被类型; 植物区系; 入侵植物

A study on the characteristics of the dominant vegetation species in Shenzhen based on a rapid-census method

SHU Chengji^{1,2}, CAI Wenbo², HAN Baolong², LI Xianyuan¹, JIANG Nan^{1,2}, OUYANG Zhiyun^{2,*}

1 College of Horticulture and Gardens, Southwest University, Chongqing 400100, China

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

Abstract: Vegetation survey is the most common method to study the characteristics of urban surface vegetation communities, and it is also the method basis for further research on urban ecology and botany. Based on the different purposes, different scales, and different landforms of vegetation surveys, the methods selected by the investigators are also different. In this study, the purpose of the survey is to study the characteristics of dominant species at the land scale of Shenzhen. High-resolution remote sensing satellite images and ground field survey were used to conduct a rapid census of the vegetation in the land area of Shenzhen. The results showed that: (1) There were altogether 182 families, 858 genera, and 1,443 species of dominant plants in the land area of Shenzhen, among which angiosperms were the dominant plants, accounting for 94.66% of the total species. (2) Judging from their floristic distribution, the dominant seed plant families in

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(71804180)

收稿日期: 2020-04-07; 网络出版日期: 2020-10-29

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

the Shenzhen territories belonged to 14 distribution areas. The geographical constituents of the plants were complex, and the tropical floristic attributes were very apparent. (3) 83,834 non-adjacent textural heterogeneous cluster patches were classified into 741 different vegetation groups, 12 vegetation types, and 3 vegetation types (those of the south subtropical evergreen broad-leaved forests, south subtropical grassland, and south subtropical shrubland were dominant). (4) According to the statistical analysis, there were more abundant vegetation groups in the suburbs than in urban areas. There were 608 vegetation groups in the suburbs and 569 vegetation groups in urban areas, with 437 vegetation groups in common. There was no obvious difference in the number of dominant plant families, genera, and species between the urban and suburban areas. (5) By comparing the list of invasive plants in China, 258 alien invasive plants were screened in Shenzhen, which were distributed across 62 families and 200 genera, mainly in the leguminous, composite, and gramineous families. Finally, according to the process and results of this rapid vegetation survey, suggestions for the improvement of urban vegetation management and vegetation surveys were given, aiming to provide a scientific basis for future urban policy formulation and planning implementation. In addition, in order to verify the scientificity of the survey method and the correctness of the survey results, the results of this article were compared with the survey results of two University Investigation Team using traditional long-period methods. This result contains 88.5% of dominant species in the survey results of the University Investigation Team, which reflects the effectiveness of this method in the census of dominant plant species.

Key Words: Shenzhen; vegetation census; vegetation types; flora; invasive plants

随着我国城市化进程的不断加快,城市已经成为生态文明建设的主战场。城市内建设空间(硬化地表)与生态空间(透水地表)的矛盾日趋严峻,通过科学的植被管理,可以高效的提升城市生态系统服务能力,有效缓解城市用地矛盾,事半功倍的改善热岛^[1]、内涝^[2]、污染^[3-4]等人居环境问题。

优势植物即优势种,指在整个群落中或群落的不同营养阶层中,数量上或功能上占居优势,对整个群落的外貌、性质及功能产生决定性影响的物种^[5];其中,优势种中的旗舰种往往能够起到引导植被演替、稳定群落结构的重要作用。因此开展城市植被管理,重点在于优势种管理;而优势种管理的重点在于通过调查摸清现状。目前国内外对于植物优势种的研究,多基于样方调查和植物重要值计算^[6-9],在小尺度、区域性层面对生态位特征^[7-8]、空间分布格局^[9]、种间关系^[9-10]等方面进行研究,而本文基于高分辨率遥感影像与地面实地观察结合的方法,在深圳陆域尺度,对优势种的植物区系、地理分布、典型优势入侵植物空间分布等基本特征进行了研究,具有一定的探索意义。

在目前大部分植被调查项目中,如中国森林植被调查、森林资源规划设计调查、局部科学研究等,多采用样地实测法、目测法、航片估测法、卫片估测法等抽样调查方法。样地实测法通过随机、机械的抽样方法,布设圆形、方形等不同形状的样地,在样地内实测各项调查因子;目测法需事先对调查人员进行 30 块标准地以上的调查练习,且考核合格后方可参与调查活动;航片比例大于 1:10000 时可用航片估测法,室内航片预判和实地调查相结合,实测各项调查因子;卫片估测法由建立判读标志、目视判读、判读复核、实地验证和蓄积量调查五部分组成,且卫片的分辨率应达到 3 m。这些方法技术体系复杂,实操过程中程序较为繁琐;涉及诸多软件、设备的使用,对调查人员的技能要求较高,且设备采购也涉及到成本问题;样本选择会存在不典型的问题,影响最终调查结果的真实性和科学性;对于大尺度区域的调查,调查周期较长,影响到调查结果的时效性,如中国森林植被调查(5a)、森林资源规划设计调查(10a)等。

鉴于城市植被管理至少应以一年一次为频率,本研究建议城市植被管理应围绕优势种,平衡调查的效率与精度,结合遥感、航拍等高频数据和地面调查数据,探索能够实操的植被优势种快速普查方法,研究深圳陆域植被优势种基本特征,最后给出改善城市生态的建议。

1 研究区概况

深圳市是我国南部沿海重要城市,位于广东省南部,珠江口东岸,是粤港澳大湾区四大中心城市之一。深圳陆域面积 1997.47 km²,其中建设用地面积 1005.95 km²。深圳陆域整体形状为南北窄、东西宽的狭长形,且地势由东南至西北逐渐降低,由北向南分为谷底丘陵、山脉海岸和海湾半岛 3 个地貌带,且地面坡度较为和缓^[11]。深圳气候属于亚热带季风气候,东南偏东风为常年主导风向,雨季集中在每年的 4—9 月份,雨量充足,年均降雨量 1933.3 mm;日照时间长 2120.5 h,年平均气温 22.4℃。《深圳植物志》^[12]记载深圳共有维管植物共 237 科、1252 属、2732 种、3 亚种、96 变种,野生植物资源在全国经济发达城市中名列前茅。

2 研究方法

2019 年从 7 月份开始至 12 月底结束,前后共计 100 余位植物专业老师和学生参与深圳陆域范围内近 1230.89 km²的植被空间实地普查工作(图 1),共划分了 83834 个群落斑块,741 类群系,12 类植被型。普查方法采用高分辨率遥感影像与地面实地观察结合的方法:根据手持 0.5 m 空间分辨率的 2018 年谷歌卫星影像,识别卫星图上俯视视角下城区大于 25 m² 的纹理异质性斑块(即面积大于 25 m² 的绿地斑块被标记识别,纹理异质的斑块被分开识别),识别郊区大于 100 m² 的纹理异质性斑块;并到现场对每个斑块目视识别其中盖度排名前 5,且累计盖度超过 80% 的植被物种,并按照盖度大小顺序记录(如前 5 名累计面积不足 80%,则多于 5 种的其他物种记入备注栏;如少于 5 种即可达到累计面积 80%,则只记录至超过 80% 的物种)。

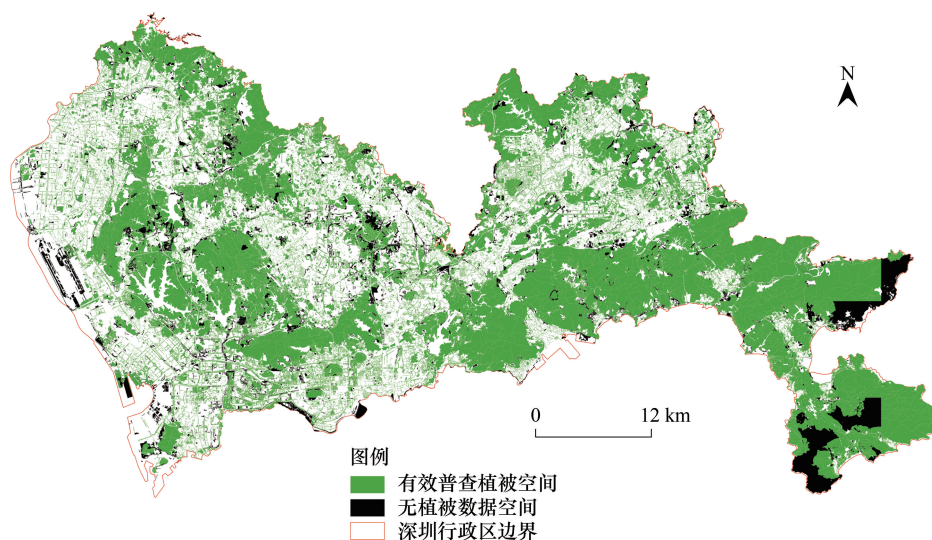


图 1 深圳市陆域植被普查情况空间分布图

Fig.1 Spatial distribution map of land vegetation survey in Shenzhen

这项工作借助课题组自研开发的“深圳市陆域生态系统调查手机 APP”进行辅助物种识别,利用商业软件“两步路户外助手”进行野外调查的路径记录以及辅助物种记录,借助 ArcGIS 软件进行室内勾图和数据处理。正常天气下,每组(2 人)调查人员平均每天(5 h 户外调查,2 h 室内整理)可完成 0.8 km² 城区绿地调查,或 8 km² 郊区绿地调查。本文中的城区与郊区的划分依据为从中科院环境资源数据中心(<http://www.resdc.cn/>)获取的 2018 年深圳 30 m 分辨率土地利用现状数据,将硬化地表区域作为城区,其余为郊区。

在整理普查结果数据后,参考《中国植物志》^[13]进行植物种的最终鉴定和科、属的分类;参考吴征镒^[14]的世界种子植物科的地理分布方案,对优势种子植物区系的地理成分进行分析;参考《中国外来入侵植物名录》^[15]和相关学者的学术论文^[16-18]筛选出深圳存在的入侵植物种类并进行等级划分;遵循《中国植被》^[19]中

植物群落学-生态学的植被分类原则,以植物群落本身的特征为分类依据,同时参考《广东植被》^[20]、《广东省的植被和植被区划》^[21]后确定采用植被型、群系 2 级基本单位的分类系统。其中在植被型划分中,城区植被空间均被归为“园林植被”植被型。

3 结果与分析

3.1 优势植物组成分析

经过对深圳全域优势植物的调研、鉴定和整理,共统计出维管束植物 182 科 858 属 1443 种。其中蕨类植物 17 科 20 属 32 种,分别占深圳优势植物总科、属、种总数的 9.34%、2.33%、2.22%;裸子植物 12 科 24 属 45 种,分别占优势植物总科、属、种总数的 6.59%、2.80%、3.12%;被子植物 153 科 814 属 1366 种,分别占优势植物总科、属、种总数的 84.07%、94.87%、94.66%(表 1)。总体来说,深圳陆域优势植物物种以被子植物为主。

表 1 深圳优势植物科、属、种的统计分析
Table 1 Statistical analysis of dominant plant families, genera and species in Shenzhen

门类 Phylum		科数 Number of families	所占比/% Proportion	属数 Number of genera	所占比/% Proportion	种数 Number of species	所占比/% Proportion
蕨类植物 Pteridophyte		17	9.34	20	2.33	32	2.22
种子植物 Spermatophyte	裸子植物	12	6.59	24	2.80	45	3.12
	被子植物	153	84.07	814	94.87	1366	94.66
总计 Sum		182	100.00	858	100.00	1443	100.00

在深圳陆域优势植物中,种数排前十的植物科从大到小分别为:豆科、禾本科、大戟科、菊科、蔷薇科、桑科、棕榈科、百合科、茜草科和桃金娘科,共计 561 种,占深圳陆域优势植物总种数的 38.88%(表 2);种数排前十的植物属从大到小分别为:榕属、大戟属、簕竹属、蒲桃属、龙血树属、大青属、番薯属、含笑属、决明属和茄属,各属均达到了 8 种以上,共计 118 种,占深圳陆域优势植物总种数的 8.18%(表 2)。对比优势植物总种数和总属数,可见优势植物分布在科和属的分类单位上具有一定的集聚性。

表 2 深圳陆域优势植物种数排前十的科、属统计分析
Table 2 Statistical analysis of the top ten families and genera of dominant plant species in Shenzhen

序号 Rank	科名 Family	种数 Number of species	序号 Rank	属名 genus	种数 Number of species
1	豆科 Fabaceae	118	1	榕属 <i>Ficus</i>	29
2	禾本科 Poaceae	111	2	大戟属 <i>Euphorbia</i>	18
3	大戟科 Euphorbiaceae	62	3	簕竹属 <i>Bambusa</i>	11
4	菊科 Asteraceae	60	4	蒲桃属 <i>Syzygium</i>	11
5	蔷薇科 Rosaceae	41	5	龙血树属 <i>Dracaena</i>	9
6	桑科 Moraceae	39	6	大青属 <i>Clerodendrum</i>	8
7	棕榈科 Arecaceae	38	7	番薯属 <i>Batatas</i>	8
8	百合科 Liliaceae	34	8	含笑属 <i>Michelia</i>	8
9	茜草科 Rubiaceae	30	9	决明属 <i>Senna</i>	8
10	桃金娘科 Myrtaceae	28	10	茄属 <i>Solanum</i>	8
总计 Sum		561	总计 Sum		118

3.2 优势种子植物科地理成分分析

植物分布区类型是指植物类群(科、属、种)的分布图式始终一致(大致)地再现,划分、分析整理某一地区植物的分布区类型,有助于了解这一地区植物区系各种成分的特征与性质^[14],从而使得深圳城市绿化、园林植物引种、生态环境研究等活动有一定的科学理论支撑。

经调查统计,深圳陆域优势种子植物共计 165 科,根据吴征镒^[14]关于世界种子植物科的分布区划分标准,165 个科可划分为 14 个分布区,占世界 18 个分布区类型的 77.78%,说明深圳陆域范围内的优势种子植物地理成分较为复杂,其中泛热带分布科最多,占总科数的 50.78% (除去世界分布科),其次是北温带分布和东亚(热带、亚热带)及热带南美间断分布,分别占比 16.41% 和 10.16%。从优势种子植物科的地理分布来看,热带分布 97 科,占深圳陆域优势种子植物总科数的 58.79%,热带区系属性非常明显;除此之外温带分布也有 29 科,占比 17.58%,说明温带区系属性的种子植物在本地区依然占有一定比例(表 3)。

1) 世界分布科共有 37 科。其中泽泻科 Alismataceae、杨梅科 Myricaceae、虎耳草科 Saxifragaceae 等为种数较少的科,均只含有 1 种;禾本科 Poaceae、菊科 Asteraceae、蔷薇科 Rosaceae 为种数较多的科,分别含有 111 种、60 种、41 种。

2) 热带分布科共有 97 科。其中泛热带分布及其变型有 65 科,约占本分布类型的 67.01%,在本分布类型中占主导地位;其次是东亚(热带、亚热带)及热带南美间断分布及其变型有 13 科,约占本分布类型的 13.40%;其余的 5 种分布类型分别仅占 1 至 5 科。豆科 Fabaceae、大戟科 Euphorbiaceae、棕榈科 Arecaceae 等科为泛热带分布类型中种数较多的科,分别含有 118 种、62 种、38 种;商陆科 Phytolaccaceae、桑寄生科 Loranthaceae、草海桐科 Goodeniaceae 等科为泛热带分布类型中种数较少的科,均只含有 1 种。

3) 温带分布科共有 29 科。其中北温带分布及其变型有 21 科,占本分布类型的 72.41%,其他分布类型分别占有 1 至 4 科。在北温带分布中,百合科 Liliaceae、木兰科 Magnoliaceae、壳斗科 Fagaceae 等科所含种数较多,分别含有 34 种、17 种、15 种;亚麻科 Linaceae、桦木科 Betulaceae、红豆杉科 Taxaceae 等科所含种数较少,均只含有 1 种。

4) 中国特有科共有 2 科。分别为银杏科 Ginkgoaceae 和杜仲科 Eucommiaceae,均仅有 1 种分布。

表 3 深圳优势种子植物科的分布区类型
Table 3 Distribution types of dominant seed plants in Shenzhen

分布区类型 Areal-types	科数 Number of families	占本区科比例/% Proportion
世界分布 Widespread	37	—
泛热带分布 Pantropic	65	50.78
东亚(热带、亚热带)及热带南美间断分布 Trop.&Subtr.E.Asia &(S.)Trop.Amer.disjuncted	13	10.16
旧世界热带分布 Old World Tropics	5	3.91
热带亚洲至热带大洋洲分布 Trop.Asia to Trop.Australasia Oceania	8	6.25
热带亚洲至热带非洲分布 Trop.Asia to Trop.Africa	2	1.56
热带亚洲分布 Trop.Asia	2	1.56
北温带分布 N.Temp.	21	16.41
东亚及北美间断分布 E.Asia & N.Amer.disjuncted	4	3.13
地中海区、西亚至中亚分布 Medit.,W.to C.Asia	1	0.78
东亚分布 E.Asia	2	1.56
中国特有分布 Endemic to China	2	1.56
南半球热带以外间断或星散分布 Extratropical S.Hemisphere disjuncted or dispersed	1	0.78
热带非洲—南美洲间断分布 Trop.Africa &Trop.America disjuncted	2	1.56
合计(不含世界分布)Sum(Not including the Widespread)	128	100.00

3.3 植被类型分析

目前,深圳的植被主要由近自然植被和人工植被组成^[22]。根据调查结果,深圳陆域植被可划分为 12 个植被型 741 类群系(表 4),其中郊区 608 类群系,城区 569 类群系,郊区群系类型较城区更为丰富,城-郊共有群系 437 类。在现有的其他深圳局部研究中共报道群系 138 类^[23-27],本研究均含有。其中近自然植被中,南

亚热带常绿阔叶林、南亚热带草丛、南亚热带灌丛占绝对的分布优势;由于深圳的高度城市化和历史上植树造林运动的影响,在人工植被中,人工常绿阔叶林、园林植被、林果园占绝对的分布优势。

表 4 深圳陆域植被类型统计表
Table 4 Statistical table of terrestrial vegetation types in Shenzhen

植被型 Vegetation types	群系数量 Number of formations	面积/km ² Area	代表群系 Typical formation
南亚热带常绿阔叶林 South subtropical evergreen broad-leaved forest	235	185.81	台湾相思群系、鹧鸪菜群系、厚皮香群系、柯群系等
南亚热带常绿针叶林 South subtropical evergreen coniferous forest	4	0.68	马尾松群系、池杉群系、落羽杉群系、杉木群系等
南亚热带沟谷季雨林 South subtropical gully monsoon forest	5	19.44	艾胶算盘子群系、木姜子群系、山油柑群系、水翁群系等
南亚热带红树林 South subtropical mangrove	3	0.32	海漆群系、海桑+无瓣海桑群系、木榄群系、秋茄树群系
南亚热带灌丛 South subtropical shrubland	134	45.83	黄牛木群系、野漆群系、鹅掌藤群系、杜鹃群系、白背叶群系等
南亚热带草丛 South subtropical grassland	160	52.50	鬼针草群系、白茅群系、海雀稗群系、薇甘菊群系、芭蕉群系等
竹林 Bamboo forest	14	2.39	粉单竹群系、青皮竹群系、佛肚竹群系、孝顺竹群系等
人工常绿阔叶林 Artificial evergreen broad-leaved forest	15	551.73	桉群系、台湾相思群系、马占相思群系、大叶相思群系等
人工常绿针叶林 Artificial evergreen coniferous forest	2	1.15	马尾松群系、杉木群系
林果园 Orchard	7	58.02	茶群系、荔枝+龙眼群系、荔枝+芒果群系、柑+橙群系等
农耕地 Farmland	1	7.33	稻田群系
园林植被 Garden vegetation	572	305.70	凤凰木群系、小叶榕群系、阴香群系、樟群系、长芒杜英群系等
总计 Sum	741 类	1230.89	—

就分布特征来看,深圳市陆域植被型中,南亚热带常绿阔叶林、园林植被和人工常绿阔叶林分布范围较广,且分布面积较大(图 2)。

3.4 城-郊植物物种频率特征分析

依据 2018 年深圳 30 m 分辨率土地利用现状数据,建成区(硬化地表)归为城区,其余部分归为郊区。使用 ArcGIS 和 Excel 软件对深圳市陆域优势植物进行处理统计,结果表明:郊区分布优势植物 171 科 755 属 1237 种,其中分布蕨类植物 14 科 16 属 26 种,分别占郊区优势植物总科、属、种总数的 8.19%、2.12%、2.10%;分布裸子植物 12 科 24 属 43 种,分别占郊区优势植物总科、属、种总数的 7.02%、3.18%、3.48%;分布被子植物 145 科 715 属 1168 种,分别占郊区优势植物总科、属、种总数的 84.80%、94.70%、94.42%(表 5)。郊区优势植物中被子植物在科、属、种三个分类单位上都占据绝对优势。

城区共分布优势植物 168 科 700 属 1122 种,其中分布蕨类植物 16 科 19 属 27 种,分别占城区优势植物总科、属、种总数的 9.52%、2.71%、2.41%;分布裸子植物 11 科 20 属 35 种,分别占城区优势植物总科、属、种总数的 6.55%、2.86%、3.12%;分布被子植物 141 科 661 属 1060 种,分别占城区优势植物总科、属、种总数的 83.93%、94.43%、94.47%(表 6)。城区优势植物中被子植物在科、属、种三个分类单位上依然占据绝对优势。

总体来看,城-郊优势植物的科、属、种数量相差不大,郊区甚至略高于城区。城区仅蕨类植物科、属、种数量略高于郊区。

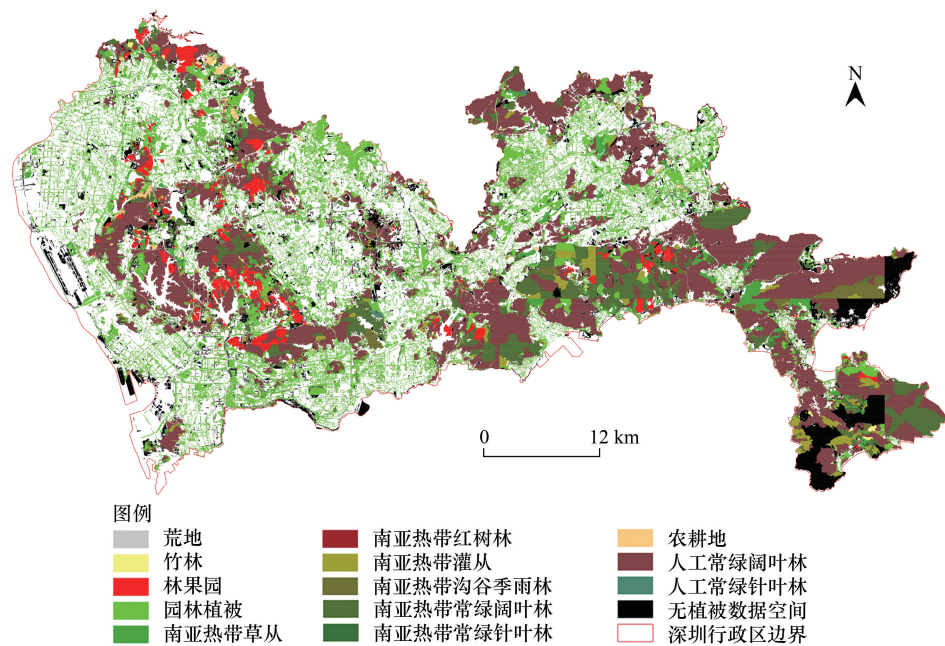


图 2 深圳市陆域植被类型空间分布图

Fig.2 Spatial distribution of terrestrial vegetation types in Shenzhen

表 5 郊区优势植物科、属、种统计分析

Table 5 Statistical analysis of dominant plant families, genera and species in suburb						
门类 Phylum		科数 Number of families	所占比例/% Proportion	属数 Number of genera	所占比例/% Proportion	种数 Number of species
蕨类植物 Pteridophyte		14	8.19	16	2.12	26
种子植物 Spermatophyte	裸子植物	12	7.02	24	3.18	43
	被子植物	145	84.80	715	94.70	1168
总计 Sum		171	100.00	755	100.00	1237

表 6 城区优势植物科、属、种统计分析

Table 6 Statistical analysis of dominant plant families, genera and species in urban areas						
门类 Phylum		科数 Number of families	所占比例/% Proportion	属数 Number of genera	所占比例/% Proportion	种数 Number of species
蕨类植物 Pteridophyte		16	9.52	19	2.71	27
种子植物 Spermatophyte	裸子植物	11	6.55	20	2.86	35
	被子植物	141	83.93	661	94.43	1060
总计 Sum		168	100.00	700	100.00	1122

在深圳陆域郊区优势植物中,种数排前十的科从大到小分别为:禾本科、豆科、大戟科、菊科、桑科、蔷薇科、棕榈科、百合科、桃金娘科和茜草科,共计 489 种,占深圳陆域郊区优势植物总种数的 39.53%;种数排前十的属从大到小分别为榕属、大戟属、簕竹属、蒲桃属、含笑属、决明属、冬青属、番薯属、柑橘属和龙血树属,共计 110 种,占深圳陆域郊区优势植物总种数的 8.89%(表 7)。对比郊区优势植物总种数和总属数,可见深圳陆域郊区优势植物分布在科和属的分类单位上具有一定的集聚性。

表 7 郊区优势植物种数排前十的科、属统计分析

Table 7 Statistical analysis of the top ten families and genera of dominant plant species in suburb

序号 Rank	科名 Family	种数 Number of species	序号 Rank	属名 genus	种数 Number of species
1	禾本科 Poaceae	102	1	榕属 <i>Ficus</i>	28
2	豆科 Fabaceae	101	2	大戟属 <i>Euphorbia</i>	15
3	大戟科 Euphorbiaceae	55	3	簕竹属 <i>Bambusa</i>	11
4	菊科 Asteraceae	48	4	蒲桃属 <i>Syzygium</i>	11
5	桑科 Moraceae	36	5	含笑属 <i>Michelia</i>	8
6	蔷薇科 Rosaceae	35	6	决明属 <i>Senna</i>	8
7	棕榈科 Arecaceae	34	7	冬青属 <i>Ilex</i>	8
8	百合科 Liliaceae	26	8	番薯属 <i>Batatas</i>	7
9	桃金娘科 Myrtaceae	26	9	柑橘属 <i>Citrus</i>	7
10	茜草科 Rubiaceae	26	10	龙血树属 <i>Dracaena</i>	7
总计 Sum	—	489	总计 Sum	—	110

在深圳陆域城区优势植物中,种数排前十的科从大到小分别为:豆科、禾本科、大戟科、菊科、棕榈科、桑科、百合科、蔷薇科、桃金娘科和茜草科,共计 454 种,占深圳陆域城区优势植物总种数的 40.46%;种数排前十的属从大到小分别为榕属、大戟属、簕竹属、蒲桃属、龙血树属、决明属、木槿属、茄属、冬青属和番薯属,共计 98 种,占深圳陆域城区优势植物总种数的 8.73%(表 8)。对比城区优势植物总种数和总属数,可见深圳陆域城区优势植物分布在科和属的分类单位上具有一定的集聚性。

表 8 城区优势植物种数排前十的科、属统计分析

Table 8 Statistical analysis of the top ten families and genera of dominant plant species in urban areas

序号 Rank	科名 Family	种数 Number of species	序号 Rank	属名 genus	种数 Number of species
1	豆科 Fabaceae	96	1	榕属 <i>Ficus</i>	26
2	禾本科 Poaceae	84	2	大戟属 <i>Euphorbia</i>	13
3	大戟科 Euphorbiaceae	50	3	簕竹属 <i>Bambusa</i>	9
4	菊科 Asteraceae	49	4	蒲桃属 <i>Syzygium</i>	9
5	棕榈科 Arecaceae	38	5	龙血树属 <i>Dracaena</i>	8
6	桑科 Moraceae	34	6	决明属 <i>Senna</i>	7
7	百合科 Liliaceae	30	7	木槿属 <i>Hibiscus</i>	7
8	蔷薇科 Rosaceae	27	8	茄属 <i>Solanum</i>	7
9	桃金娘科 Myrtaceae	24	9	冬青属 <i>Ilex</i>	6
10	茜草科 Rubiaceae	22	10	番薯属 <i>Batatas</i>	6
总计 Sum	—	454	总计 Sum	—	98

通过城-郊对比可以发现,在种数排名前十的优势植物科中,科共有率达 100.00%;在种数排名前十的优势植物属中,共有属有榕属、大戟属、簕竹属、蒲桃属、决明属、冬青属、番薯属和龙血树属,共计 8 属,共有率达 80.00%。数据说明,深圳陆域城-郊优势植物主要科、属类别差异化较小。

3.5 深圳入侵物种空间分布

经统计,深圳陆域共有入侵植物 62 科 200 属 258 种。采用《中国外来入侵植物名录》^[15]对于入侵植物等级划分的标准,将深圳市陆域入侵植物划分为 7 个等级:

1 级:恶性入侵植物,18 种,占入侵植物总种数 6.98%;即在国家层面已经对经济或生态环境造成巨大损失与严重影响的物种,入侵范围超过 1 个以上自然地理区域。

2 级:严重入侵植物,25 种,占入侵植物总种数 9.69%;即在国家层面上对经济和生态环境造成较大损失或明显影响的物种,并至少在 1 个以上自然地理区域分布。

3 级:局部入侵植物,21 种,占入侵植物总种数 8.14%;即在 1 个或 1 个以上自然地理区域分布并造成局部危害的物种,但目前没有造成国家层面的大规模危害。

4 级:一般入侵植物,18 种,占入侵植物总种数 6.98%;即入侵范围不论广泛与否,根据其生物学特征和生态学特性已经确定危害不大或不明显,并难以形成新的入侵发展趋势的物种。

5 级:有待观察类,60 种,占入侵植物总种数 23.26%;即研究不够充分,主要是出现时间短、最新报道的、目前了解不深入而无法确定未来发展趋势的物种。

6 级:建议排除类,39 种,占入侵植物总种数 15.12%;虽然有文献报道入侵或被认为是中国入侵物种,但其本身不具备入侵性而不应作为中国入侵植物的物种。

7 级:中国国产类,77 种,占入侵植物总种数 29.84%;即原产中国但被作为入侵植物报道过的物种,包括原始分布区可能在中国而无从考证、以及由于时间久远无法考证原产地是否包括中国的物种(表 9)。

表 9 入侵植物入侵等级分析

Table 9 Invasion rank analysis of invasive plants

入侵等级 Invasion level	种数 Number of species	占总种数比例/% Proportion	入侵等级 Invasion level	种数 Number of species	占总种数比例/% Proportion
1	18	6.98	5	60	23.26
2	25	9.69	6	39	15.12
3	21	8.14	7	77	29.84
4	18	6.98	总计 Sum	258	100.00

1 级恶性入侵植物、2 级严重入侵植物总种数占深圳入侵植物总种数的 16.67%,5 级有待观察类入侵植物占入侵植物总种数的 23.26%,数据说明,深圳市陆域入侵植物现状不容乐观,且随着对 5 级有待观察类入侵植物生长特性研究的不断深入,未来深圳陆域入侵植物种类存在增加的风险,对经济或生态环境造成潜在的巨大损失与严重影响。

就入侵植物空间分布特点看,1 级恶性入侵植物、2 级严重入侵植物分布范围较广,西至宝安区,东至大鹏半岛的陆域范围内均有分布;深圳市陆域几个主要山体(梧桐山、凤凰山、排牙山等)、水库(铁岗水库、石岩水库、清林径水库等)均受入侵植物影响;城区受入侵植物影响较小,以 5 级、6 级、7 级入侵植物为主(图 3)。

经统计,白花鬼针草 *Bidens pilosa* 和薇甘菊 *Mikania micrantha* 为深圳陆域入侵较为严重的两种草本植物,分别入侵了 7800、5362 个群丛斑块,利用 ARCGIS 软件,对两种入侵植物空间分布现状进行了图像化处理(图 4)。

4 结论与讨论

与目前国内常见的基于样方法和重要值计算的对于小尺度、区域性的优势种研究相比,本文中采用高分辨率遥感影像与地面实地观察结合的快速普查方法对深圳陆域尺度的优势种研究具有探索意义;相较于针对优势种常见的生理^[28-30]、生态位^[7-8]、多样性^[6-7]、种间关系^[9-10]等的研究,本文研究成果主要全面的反应深圳全域的优势种区系构成、植被类型分布、典型入侵植物分布及其他特征。

由以上 5 个方面的分析可知,深圳市市陆域优势植物物种组成及其植被类型具有以下几个特征:

(1)优势植物物种丰富,共计 182 科 858 属 1443 种,分别占中国植物科、属、种总数的 60.47%、25.18%、4.63%,被子植物在优势植物中占绝对的构成优势;深圳陆域优势植物中,种数排前十的科共计 561 种植物,占总种数 38.88%,种数排前十的属共计 118 种植物,占总种数 8.18%,对比总种数和总属数,优势植物种的分布在科和属的分类单位上具有一定的集聚性;深圳陆域优势植物科可分为 14 个分布区,植物地理成分较为复

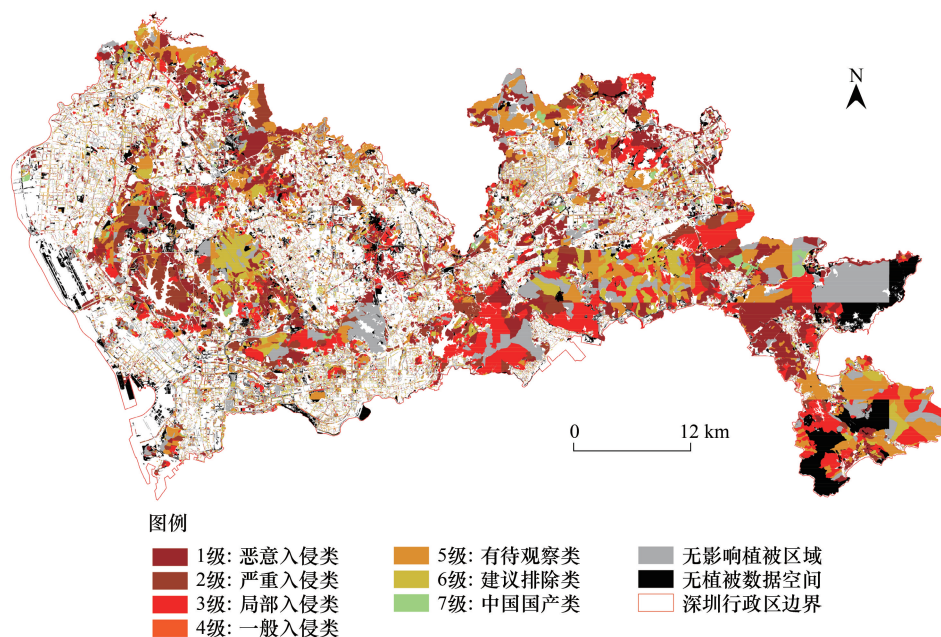


图 3 深圳市陆域入侵植物空间分布图

Fig.3 Spatial distribution map of terrestrial invasive plants in Shenzhen

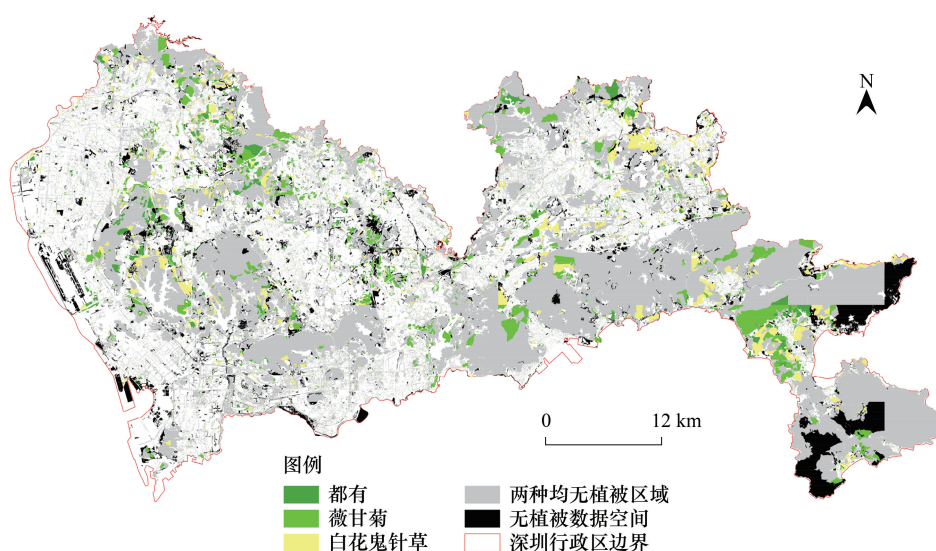


图 4 深圳市陆域典型入侵物种空间分布图(以白花鬼针草和薇甘菊为例)

Fig.4 Spatial distribution map of typical invasive species on land in Shenzhen (Taking *Bidens pilosa* and *Mikania micrantha* as examples)

杂,以泛热带分布科为主,热带分布 97 科,约占总科数的 58.79%,热带区系属性非常明显,温带区系属性的植物在本地区依然占有一定比例;深圳陆域植被类型多样化,可划分为 12 个植被型 741 类群系,近自然植被中,南亚热带常绿阔叶林、南亚热带草丛、南亚热带灌丛占绝对的分布优势,且由于深圳的高度城市化,在人工植被中,人工常绿阔叶林、园林植被、林果园占绝对的分布优势,南亚热带常绿阔叶林、园林植被和人工常绿阔叶林分布范围较广,且分布面积较大。

(2) 深圳陆域城-郊优势植物的科、属、种数量相差不大;无论是城区还是郊区,对比各自总种数和总属数,优势植物在科和属分类单位上的分布具有一定的集聚性;通过城-郊对比可以发现,各自种数排名前十的优势

植物科和优势植物属,城-郊共有率分别为 100.00%和 80.00%,说明深圳陆域城-郊优势植物主要科属类别差异化较小。

(3)深圳入侵植物现状不容乐观。在统计出的 62 科 200 属 258 种入侵植物中,1 级、2 级高风险入侵植物种数占比达 16.67%,分布范围较广,存在恶化的潜在风险,且郊区的入侵风险要高于城区;白花鬼针草 *Bidens pilosa*、薇甘菊 *Mikania micrantha* 两种植物为深圳陆域入侵危害较为严重的植物,在全市广泛分布,需要重点整治。

5 建议

5.1 城市植被管理建议

(1)积极开展《深圳植被志》编写工作

在本文对于深圳陆域植被调查研究结果的基础上,进一步结合其他局部研究结果或科考项目成果,积极开展《深圳植被志》编写工作(此任务目前由中山大学负责),系统而全面的对植被的外貌、物种组成、结构、功能、地理分布和生境条件等特征进行记述,同时对同类植被进行归纳和总结。

(2)加强植被养护、管理、优化工作

从深圳城-郊优势植物对比来看,物种组成具有高度的相似性。建议以深圳市生态系统服务功能提升为目标,加强全市植被群落的养护、管理、优化工作。郊区以生态恢复、生物多样性提升为主,城区以景观维持、结构优化、生态服务功能提升为主。

(3)重视入侵植物管理

加强对入侵植物的种类、入侵机制、生理特性、来源特点、扩散分布等方面的研究,在以后的研究中,要建立入侵植物风险评估机制,按风险值大小纳入入侵植物管理清单;同时要加强深圳不同行政区、不同部门之间的工作协调度,实施权责明晰、科学高效的入侵植物动态监测制度;深圳各出入境口岸、港口应进一步加强海关口岸的进出口检疫力度,实时对接相关部门的入侵植物数据库,守好防止入侵植物入侵的第一道防线。

5.2 城市开展植被调查的建议

(1)城市植被快速优势物种调查成果可靠

与本文研究同期开展的还有由相关高校参加的传统长周期的样方调查法,采用传统方法的两支调查队伍对各自样方进行了详细调查,其中全部样方调查结果跨度 10 余年,这项工作仍在持续开展,汇总阶段性成果,目前已完成 68 个样地调查(样地累计面积约 68000 m²,占全市植被空间面积 0.06‰),该方法共收集植物物种 2747 多种,优势植物物种 104 种;其中,全部植物物种中与本文采取的方法所得结果重叠物种 896 种,优势植物物种与本文采取的方法所得结果重叠 92 种。由此,可见本文方法在植物物种全面覆盖上存在缺陷,不能很好的覆盖全部物种;但这种方法记录到普查法所记录优势物种的 88.5%,体现了本方法在优势植物物种普查中的有效性。

(2)该方法适用于面向生态系统服务能力的生态管理

由于本方法对于区域物种总体种类覆盖度不高,不能满足珍稀植物保护需要,但是完全适合城市生态系统服务管理和外来物种入侵管理需要。一方面,本方法的目的在于掌握城市植被优势物种分布特征,由于优势植被决定生态系统的结构和功能,因此,基于本方法可以开展城市生态系统服务能力管理,通过调整优势植被的种类和空间分布,实现保护高质量生态空间、改善低质量生态空间的管理目标。另一方面,由于城镇化快速发展,城市生态空间(尤其是城区生态空间)更新频率越来越高,对城市生态管理的时间分辨率要求也越来越高,本方法更新速度快,易操作,都能够满足城市生态系统服务管理的时间需要。此外,优势物种组成调查,也有利于进行物种入侵水平调查,能够直接服务于外来物种风险管理。

(3)发动全民参加能够进一步压缩调查成本提高调查效率

在深圳的快速优势植物物种普查工作中已经形成了一套较为成熟的工作流程,以及手机 APP 调查工具;

如果能够将该调查工具与植物 AI 自动识别软件结合,将十分容易在普通民众中推广,通过设置奖励来鼓励大家在进行户外活动的同时进行植物调查随手拍,这样既可以提高全民对生态保护的认知和参与水平,也可以即时更新城市优势植被数据。如此以来,专业植物物种的鉴别工作将大大减少,可以使专业力量聚焦于普通民众较难到达的偏远山区,以及帮助普通民众鉴别疑难植物物种,起到事半功倍的效果。

致谢:本次植被调查耗时半年,近百位工作人员参与其中,在此对来自中国科学院生态环境研究中心、西南大学、中山大学、深圳市环科院、深圳市环境监测中心站、北京林业大学、河南农业大学、南京晓庄学院、贵州师范大学、河南农业职业学院的各位老师和同学的贡献表示诚挚感谢。

参考文献 (References):

- [1] Wong N H, Yu C. Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat International*, 2005, 29(3): 547-558.
- [2] Nagase A, Dunnett N. Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: effects of plant species, diversity and plant structure. *Landscape and Urban Planning*, 2012, 104(3/4): 356-363.
- [3] Baker A J M, McGrath S P, Sidoli C M D, Reeves R D. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants. *Resources, Conservation and Recycling*, 1994, 11(1/4): 41-49.
- [4] Vangronsveld J, Herzig R, Weyens N, Boulet J, Adriaensen K, Ruttens A, Thewys T, Vassilev A, Meers E, Nehnevajova E, van der Lelie D, Mench M. Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research*, 2009, 16(7): 765-794.
- [5] 中国农业百科全书总编辑委员会. 中国农业百科全书: 昆虫卷. 北京: 农业出版社, 1990.
- [6] 白亚东, 秦坤蓉, 王海洋. 重庆市广阳岛植物群落结构与物种多样性研究. *林业调查规划*, 2020, 45(2): 58-65, 102-102.
- [7] 龚雪伟, 吕光辉. 艾比湖流域杜加依林荒漠植物群落多样性及优势种生态位. *生物多样性*, 2017, 25(1): 34-45.
- [8] 魏凯, 郑建忠, 杨铭, 何雅琴, 史晓洁, 邓传远. 平潭光屿典型植物群落优势种生态位特征. *森林与环境学报*, 2020, 40(3): 290-297.
- [9] 王安彬. 帽儿山典型森林群落优势种空间分布格局及其关联性. *山东林业科技*, 2020, 50(2): 1-9, 16.
- [10] 郭俊兵, 狄晓艳, 李素清. 山西大同矿区煤矿石山自然定居植物群落优势种种间关系. *生态学杂志*, 2015, 34(12): 3327-3332.
- [11] 唐瑜聪. 深圳市极端气候时空特征及其灾害风险评估[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2017.
- [12] 李沛琼. 深圳植物志(2卷). 北京: 中国林业出版社, 2010.
- [13] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第六十四卷). 北京: 科学出版社, 1979.
- [14] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 彭华, 孙航. 世界种子植物科的分布区类型系统. *云南植物研究*, 2003, 25(3): 245-257.
- [15] 马金双. 中国外来入侵植物名录. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [16] 曹婧, 徐晗, 潘绪斌, 戎郁萍. 中国草地外来入侵植物现状研究. *草地学报*, 2020, 28(1): 1-11.
- [17] 闫小玲, 刘全儒, 寿海洋, 曾宪锋, 张勇, 陈丽, 刘演, 马海英, 齐淑艳, 马金双. 中国外来入侵植物的等级划分与地理分布格局分析. *生物多样性*, 2014, 22(5): 667-676.
- [18] 玄祖迎, 陈雪梅, 李镇魁, 薛克娜. 佛山市主要外来入侵植物及其防治对策. *防护林科技*, 2018, (3): 49-51.
- [19] 《中国植被》编辑委员会. 中国植被. 北京: 中国科学出版社, 1983.
- [20] 广东省植物研究所. 广东植被. 北京: 科学出版社, 1976: 71-97.
- [21] 中国科学院华南植物研究所. 广东省的植被和植被区划. 北京: 学术书刊出版社, 1989: 27-67.
- [22] 曹翊坤, 付梅臣, 谢苗苗, 高云, 姚思瑶. 基于 LSMM 与 MSPA 的深圳市绿色景观连通性研究. *生态学报*, 2015, 35(2): 526-536.
- [23] 康杰, 刘蔚秋, 于法钦, 咎启杰, 廖文波. 深圳笔架山公园的植被类型及主要植物群落分析. *中山大学学报: 自然科学版*, 2005, 44(S1): 10-31.
- [24] 郭彦青, 谭志权, 李清湖. 深圳马峦山郊野公园植被调查. *亚热带植物科学*, 2010, 39(2): 50-54.
- [25] 刘郁, 李琪安, 刘蔚秋, 凡强, 廖文波. 深圳围岭公园植被类型及主要植物群落分析. *中山大学学报: 自然科学版*, 2003, 42(S2): 14-22.
- [26] 许建新, 冯志坚, 王定跃, 刘永金, 肖红, 徐双双. 深圳梧桐山省级风景名胜区植被类型调查. *福建林业科技*, 2009, 36(2): 154-161.
- [27] 许建新, 钱瑛璜, 冯志坚, 刘永金. 深圳坝光精细化工园区植物资源及植被类型分析. *福建林业科技*, 2012, 39(1): 108-111.
- [28] 管铭, 金则新, 李月灵, 王强. 千岛湖次生林优势种植物光合生理生态特性. *生态学报*, 2015, 35(7): 2057-2066.
- [29] 张仕豪, 熊康宁, 张俞, 季传泽, 马学威, 赖佳丽, 闵小莹. 典型石漠化生态系统演替过程优势植物叶片功能性状特征及影响因素. *生态环境学报*, 2019, 28(11): 2165-2175.
- [30] 霍光伟, 乌云娜, 吕建洲, 雒文涛, 胡高娃, 李海山. 不同放牧梯度上植物群落特征及优势种的生理生态学响应. *内蒙古大学学报(自然科学版)*, 2010, 41(06): 695-702.