

郭宛予,孙素芬,冯仲科,等. 基于 3S 技术的园林绿化调查方法与分析——以北京市通州区为例[J]. 江苏农业科学,2019,47(10):162-166.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.10.036

# 基于 3S 技术的园林绿化调查方法与分析 ——以北京市通州区为例

郭宛予<sup>1</sup>, 孙素芬<sup>2</sup>, 冯仲科<sup>1</sup>, 吕广林<sup>3</sup>

(1. 北京林业大学精准林业北京市重点实验室, 北京 100083; 2. 北京市农林科学研究院, 北京 100097;

3. 内蒙古自治区鄂尔多斯市造林总场, 内蒙古鄂尔多斯 014300)

**摘要:**针对传统的园林绿化调查人力财力消耗大且效率低下的问题,设计了一个全新的园林绿化调查方法。该方法利用遥感影像解译获取目标区域植被覆盖范围底图,借助底图利用 GPS 技术结合外业调查获取园林绿化数据,再利用 ArcGIS 进行内业矢量化处理,通过空间分析获得绿化相关指标,分析目标地区的绿化情况。在 2017 年北京市通州区绿化调查中使用该方法,调查时间缩短了近 2 个月,并得出可视化的绿化指标图。说明该方法可以很大程度减少传统绿化调查所消耗的人力,提高调查效率,高效全面准确地把握目标区域城市园林绿化发展状况,综合评价园林绿化发展水平,为政府及有关部门制定实施区域国民经济发展规划和园林绿化发展规划提供科学、翔实的依据。

**关键词:**绿化调查;城市园林;GIS;RS;GPS

**中图分类号:** TU986 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)10-0162-04

城市绿地是城市结构里景观园林建设的主体,对城市系统有至关重要的作用。城市绿地可以美化城市生态环境,提高城市的居住环境质量,协调城市建设与生态环境之间的矛盾<sup>[1]</sup>。园林绿化是指为了适应城市发展,在城市辖区内建设的绿化工程。城市园林绿化不仅是城市基础设施,为城市的可持续发展提供保障,而且是一种休闲设施,为城市居民提供亲近自然、休闲娱乐的场所。

地理信息系统 (geographical information systems, GIS) 是指对空间数据进行采集、存储、处理、分析、显示和制图的计算机信息系统<sup>[2]</sup>。GIS 作为一种工具,其强大的查询和空间分析功能,在国土、农林、交通、水利等不同领域都有广泛的应用。随着我国绿色城市化建设的发展,GIS 技术逐渐应用于城市园林绿化建设中,为园林绿化信息的存储、查询和分析提供了有利平台<sup>[3]</sup>。

遥感 (remote sensing, RS) 是利用卫星、航空飞机等搭载传感器,依据不同地物对电磁波的反射波谱不同获取地物信息的技术。随着传感器的分辨率越来越高,遥感影像的精度大幅提升,遥感的应用范围也越来越广<sup>[4-5]</sup>。遥感影像分析的结果与其他多种地理信息数据复合叠加起来,不仅在处理上非常简便,还可以得到许多高精度的判读信息<sup>[6]</sup>。使用遥感技术既能较为准确地量测绿地面积,又对判别地物类型、布局以及植物种类识别有帮助,是获取绿化相关数据的有效途径。

全球定位系统 (global positioning system, GPS) 利用卫星

信号、地面基站和用户接收机,把地物的坐标量测与通信技术结合起来,准确提供定位、授时、测速服务<sup>[7-8]</sup>。在城市园林绿化调查中,使用 GPS 可以准确定位点状绿化设施,并记录面状绿化地块的边界信息,是获取城市园林绿地定位数据的主要手段。

传统的获取城市绿化信息的手段为人工普查结合数学统计分析,但有如下的局限性:人力、财力投入量大、数据量大且运算周期长、效率低下、人为影响因素大、缺乏空间分析、可视化程度低等<sup>[9]</sup>。对城市园林绿化数据进行管理时,传统的纸质文件管理模式对数据的更新、查询、分析等都造成极大的不便。部分发达地区已经建立了数字化的园林管理系统,一定程度上解决了传统纸质文件管理的弊端<sup>[10-12]</sup>。但在城市绿化布局可视化方面还有所欠缺,且对绿化指标的计算还不够高效。利用 GIS 强大的空间分析功能,既可以提高绿地信息的可视化程度,又能高效进行多指标综合性评价,可以为城市园林规划及布局的合理性提供科学支持<sup>[13]</sup>。

使用 3S 技术对城市园林绿化情况进行调查统计时,可形成一套绿化信息从获取到处理分析到成果展示的一体化工作流程。借助 ENVI 和 GPS,外业调查的效率和准确性大幅度提高。外业时 GPS 的空间、属性信息录入和 GIS 的分析、制图功能为内业数据的录入、处理和可视化显示提供便利。利用 3S 技术可以缩短园林调查的时间,节约调查成本,让调查结果更为精确科学。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

本研究使用的遥感数据为资源三号卫星在北京市区范围的影像数据,地形数据为 30 m 分辨率的 DEM 数据,矢量数据为 2017 年北京市通州区行政边界。

### 1.2 研究方法

以研究区资源三号影像数据以及 30 m 分辨率 DEM 地形

收稿日期:2019-02-22

基金项目:中央高校基本科研业务费专项基金(编号:2015ZCQ-LX-01);国家自然科学基金(编号:U1710123)。

作者简介:郭宛予(1993—),女,河南南阳人,硕士研究生,主要从事 3S 技术应用与集成研究。E-mail:guowanyu@stu.bucea.edu.cn。

通信作者:冯仲科,教授,博士生导师,主要从事 3S 技术集成与森林精准经营研究。E-mail:fengzhongke@126.com。

数据为数据源,综合多源信息进行人机交互的影像判读及监督分类,获得研究区的土地利用分类信息;并以土地利用分类图为底图,进行园林外业调查以及试验补测。在获得绿化空间分布及属性信息之后,再进行内业统计要素的勾绘。最终通过 GIS 分析手段实现园林绿化信息的统计分析以及指标评价。利用 3S 技术进行园林绿化调查的技术路线如图 1 所示。

1.3 外业调查底图制作

对研究区资源三号卫星影像进行大气校正和几何校正,将校正后的影像镶嵌,再沿通州区矢量边界裁剪,得到通州区遥感影像<sup>[14-16]</sup>。在 ENVI 5.0 软件中,根据人工目视解译的结果选择感兴趣区,让计算机进行监督分类,获得通州区土地利用分类图(图 2-a)。鉴于林地、草地、农田在遥感影像中反射光谱类似,仅有纹理差异,分类结果可能不精确。而植被覆盖范围正是城市园林绿化调查的目标区域,且植被与其他地物波谱信息差异明显,分类较为精确,因此将林地、草地、农田的分类结果合并显示<sup>[17]</sup>。把分类结果转为矢量,提取出林地、草地、农田部分作为外业调查的底图(图 2-b)。

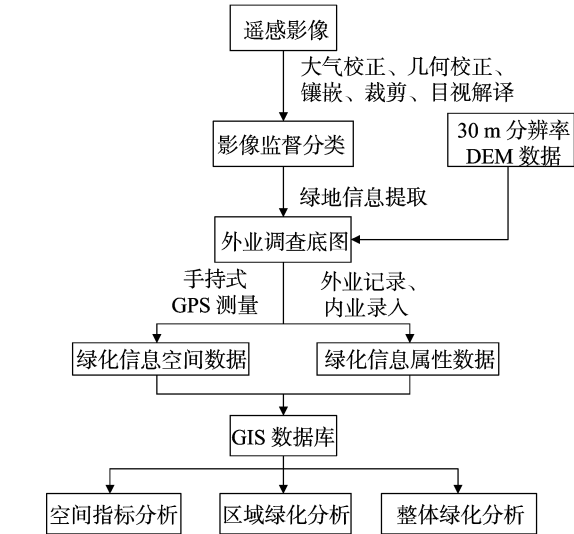


图1 技术路线

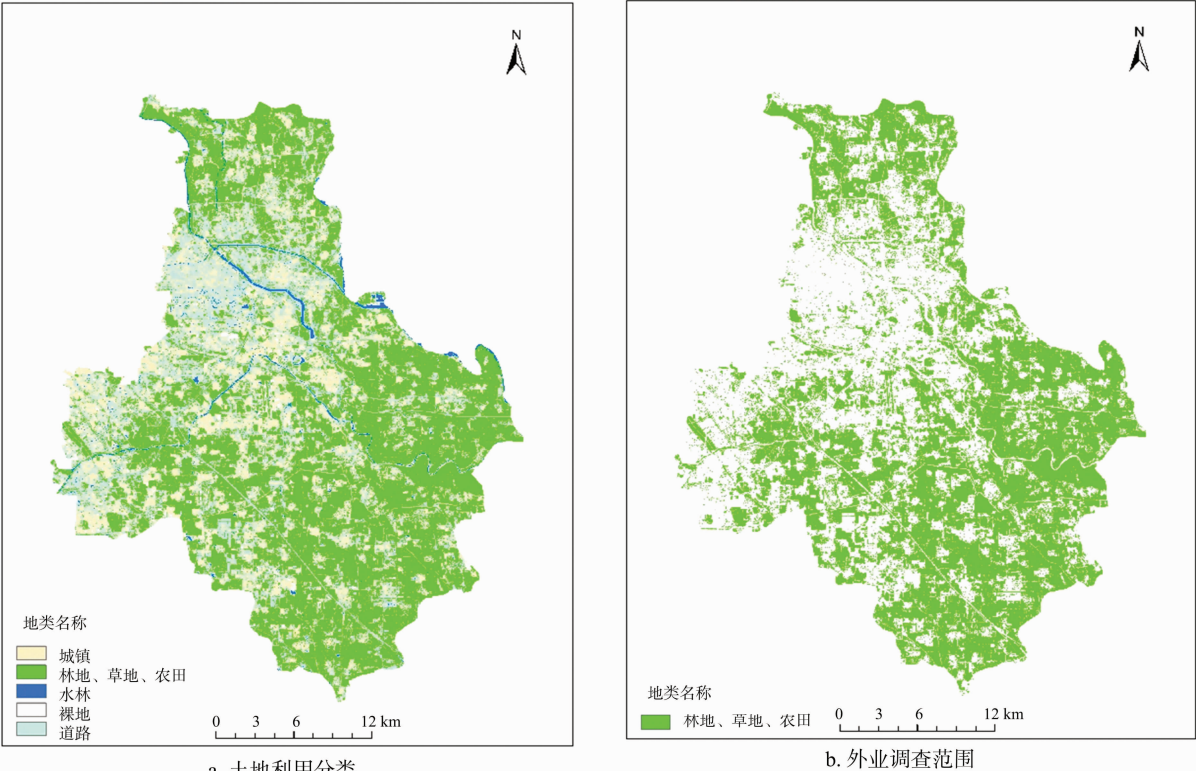


图2 通州区外业调查底图

传统的园林绿化调查需覆盖全城,排除建筑、道路和水体等,人力财力消耗巨大,而借助 3S 技术的园林调查前期制作外业调查底图,缩小了调查范围,提高了调查效率,节约了调查成本。

1.4 外业调查

外业人员使用软尺、GPS 等工具记录空间信息,包括采集记录绿篱色块、草坪等面状要素的边界信息,以及乔木、灌木、古木名树等点状要素的点位信息。同时完成树种名称、规格、数量等属性的记录,记录所使用的外业调查表格设计见表 1。

表 1 外业调查表设计

调查对象	类型	调查内容
乔木	点	坐标、品种、树高、胸径、冠幅
灌木	点	坐标、品种、冠幅
古木名树	点	坐标、品种、树高、胸径、冠幅
绿篱色块	面	品种、面积
草坪	面	面积

1.5 内业数据处理

在 Arc Map 10.2 中,以外业调查底图为基础,导入 GPS 采集的空间数据,将外业调查的绿化信息数据勾绘出来,并录

入对应的属性信息。

利用绿化要素数据、绿化统计要素、基础地理数据,借助 GIS 空间统计分析功能,统计和计算出各绿地单元绿化情况、区域绿地统计数据以及各绿化指标,例如绿地率、绿化覆盖率、道路绿化遮阴率、河道绿化普及率等,查询和管理各绿地单元绿化情况。

1.5.1 单位绿地绿化指标统计 统计单位绿地中乔木、灌木、草地等绿化要素的品种、数量、绿地面积、绿化覆盖面积等信息。针对公园、道路等绿化主体,设计更加详尽的绿化信息统计方案,如记录各主要路段的道路长度、宽度、绿化带面积、行道树种类、非机动车道的遮阴面积等<sup>[9]</sup>。这些信息和指标可以为管理部门提供准确而有效的决策依据。

1.5.2 区域绿化指标统计 统计区域性园林绿化指标并对其进行评价,如记录公园绿地率、绿化覆盖率、公园绿地服务半径覆盖率等。下面列出几个常见的城市园林绿化评价指标的计算方法:

$$P = S_1 / S_2 \times 100\%。$$
 (1)

式中: $P$  为公园绿地 500 m 服务半径覆盖率; $S_1$  为公园绿地 500 m 服务半径覆盖的居住用地面积; $S_2$  为居住用地总面积。

$$NVRSR = NVRSA / NVRA \times 100\%。$$
 (2)

式中: $NVRSR$  为非机动车道遮阴率; $NVRSA$  为非机动车道遮阴面积; $NVRA$  为非机动车道总面积。

2 结果与分析

2.1 空间指标分析

对城市绿化调查的空间指标分析主要是对公园 500 m 服务半径范围的分析,用到 GIS 空间分析中的缓冲区分析功能。为了使内业统计工作更加高效,本研究设计了一个集成绿化指标统计分析功能的 GIS 系统。该系统能够实现绿化信息的输入、存储、可视化、查询、统计、指标分析、绘制和输出等功能,基本满足绿化信息管理的要求。图 3 是指标分析功能中通州区公园 500 m 服务半径的分析图。

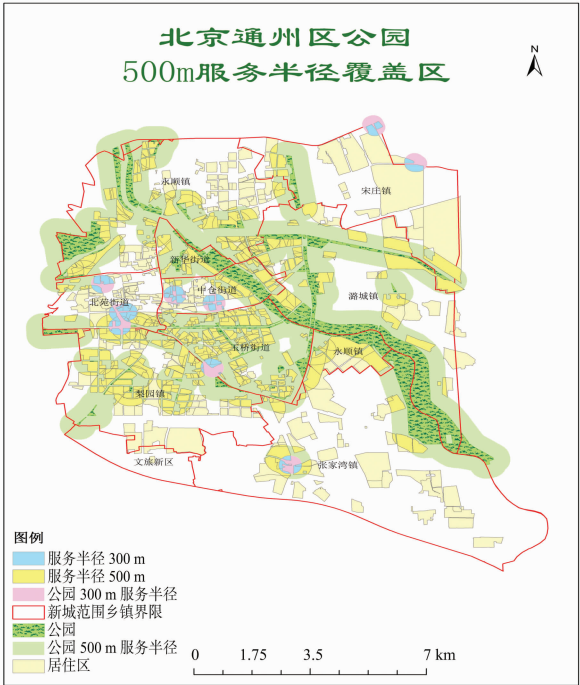


图3 公园 500 m 服务半径

2.2 区域绿化分析

以通州区某公园以及某道路为例,统计通州区区域绿化情况。由表 2 和表 3 可以得出,该公园绿化覆盖率为 48.67%,在公园景观绿化植被中,乔木株数最多,共 2 128 株,主要树种为杨树、油松、国槐、碧桃、侧柏、银杏等;灌木 564 株,主要为大叶黄杨、木槿、连翘、紫荆等;绿篱色块 239 m<sup>2</sup>,主要是紫叶小檗、女贞、大叶黄杨等密植;草坪覆盖面积最大,约 22 285 m<sup>2</sup>,主要以暖季型草坪为主。而研究目标道路非机动车道遮阴率仅为 31.22%,远远低于多数城市生态城区评价指标中对慢行道路遮阴率要大于 80% 的规定。

表 2 目标区域绿化指标

某公园指标		数值	某道路指标		数值
公园面积(m <sup>2</sup> )		91 567.35	道路面积(m <sup>2</sup> )		30 278
绿地面积(m <sup>2</sup> )		42 333	绿化带面积(m <sup>2</sup> )		14 632
绿化覆盖面积(m <sup>2</sup> )		44 566	行道树绿化面积(m <sup>2</sup> )		1 505
绿地率		46.23%	非机动车道面积(m <sup>2</sup> )		6 739
绿化覆盖率		48.67%	非机动车道遮阴面积(m <sup>2</sup> )		2 104
公园绿地 500 m 服务半径覆盖率(全区)		80.03%	非机动车道遮阴率		31.22%

表 3 公园绿化植被品种统计

项目	乔木 (株)	灌木 (株)	绿篱色块 (m <sup>2</sup> )	草坪 (m <sup>2</sup> )
数量	2 128	564	239	22 285
树名	杨树、油松、国槐、碧桃、侧柏、银杏	大叶黄杨球、木槿、连翘、紫荆	紫叶小檗、女贞、大叶黄杨	暖季型草坪

2.3 整体绿化分析

表 4 为 2013—2017 年通州区城市绿化资源情况调查表。从表 4 可知,2013—2017 年通州区绿化覆盖面积和绿地面积逐年增加,尤其是公园绿地面积,5 年增长率为 87.7%。自有记录以来,公园绿地 500 m 服务半径覆盖率也逐步上升,并在

2017 年达到 80% 以上,这与通州区近年来大力发展公园建设项目密切相关。但随着城市的发展和外来人口的流入,通州区的人均绿地面积和人均公园面积呈下降趋势。这说明通州区园林绿化建设速度与通州区人口增加速度还不匹配,仍需加大绿化建设力度。

表 4 2013—2017 年通州区城市绿化统计情况

指标名称	单位	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
一、绿化覆盖面积	hm <sup>2</sup>	4 332.89	5 380.13	6 089.64	6 104.53	6 360.00
二、绿地面积	hm <sup>2</sup>	4 145.2	4 981.72	5 377.48	5 392.37	5 647.84
(一) 公园绿地	hm <sup>2</sup>	1 024.89	1 433.59	1 824.60	1 830.11	1 923.4
1. 公园	hm <sup>2</sup>	900.9	1 274.32	1 656.32	1 661.76	1 755.06
2. 社区公园	hm <sup>2</sup>	7.74	27.68	27.68	27.68	27.68
3. 街旁绿地	hm <sup>2</sup>	41.9	57.19	66.20	66.27	66.27
4. 其他公园绿地	hm <sup>2</sup>	74.35	74.40	74.40	74.40	74.40
(二) 生产绿地	hm <sup>2</sup>	1.14	28.54	28.54	28.54	28.54
(三) 防护绿地	hm <sup>2</sup>	184.74	785.78	785.78	785.78	785.78
(四) 附属绿地	hm <sup>2</sup>	2 634.43	2 733.81	2 738.56	2 747.94	2 910.11
1. 居住绿地	hm <sup>2</sup>	591.05	599.77	603.27	607.87	608.47
2. 道路绿地	hm <sup>2</sup>	1 521.81	1 610.51	1 610.51	1 613.51	1 775.08
3. 单位附属绿地	hm <sup>2</sup>	521.57	523.53	524.78	526.56	526.56
4. 其他附属绿地	hm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—
(五) 其他绿地	hm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—
三、绿地植物	—	—	—	—	—	—
(一) 实有树木	万株	471.3	1 014.54	1 038.81	1 038.81	1 228.75
(二) 实有草坪	hm <sup>2</sup>	345.54	1 432.56	1 526.66	1 526.66	1 605.42
四、绿化水平	—	—	—	—	—	—
(一) 绿化覆盖率	%	50.34	51.25	58.01	58.15	60.58
(二) 绿地率	%	48.15	47.45	51.22	51.37	53.80
(三) 公园绿地 500 m 服务半径覆盖率	%	—	—	71.89	72.53	80.03
(四) 人均绿地面积	m <sup>2</sup> /人	60.72	49.36	49.05	37.76	37.45
(五) 人均公园绿地面积	m <sup>2</sup> /人	15.01	23.20	23.27	12.82	12.75

### 3 结论与讨论

(1) 基于 3S 的园林绿化调查方法极大地提高了调查效率。传统的园林绿化调查为人工普查,外业调查人员多,内业数据处理操作繁琐,人工成本高,效率低下。而 2017 年北京通州区园林绿化调查时间比往年缩短近 2 个月,充分说明了本研究方法的高效性。本研究的调查方法先借助 RS 技术制作外业调查底图作为外业指导,让调查更有目的性;再结合 GPS 采集绿化数据信息,同时输入属性信息,使外业更准确高效,同时也减少内业录入工作;最后使用 GIS 的属性分析和空间分析功能进行内业处理,提高内业处理效率,也让成果能可视化展示。

(2) 通州区部分路段道路附属绿地建设与路网发展脱节。研究区部分路段非机动车道遮阴率远低于 80%,或与新建道路两侧新植行道树未长成有关。建议引进一定数量的成年树木作为行道树,来提高非机动车道的遮阴率。

(3) 通州区公园内绿化植物种类多样性有待加强。以本研究中的通州区某公园为例,园中主要乔木为杨树、油松、国槐、碧桃、侧柏、银杏;主要灌木为大叶黄杨球、木槿、连翘、紫荆;绿篱色块中密植树种多为紫叶小檗、女贞、大叶黄杨。这些树种中观花(叶)型树种只有碧桃、银杏、木槿、连翘、紫荆,且观赏期具有季节性,使公园秋冬季节的娱乐观赏性不足。调查过程中发现部分区域树种单一,将导致植物病虫害频发。建议多引进不同花期或者花期较长的树种,在增加公园不同季节观赏性的同时,增加园内树种多样性,避免同一树种集中种植,以减少病虫害的发生。

(4) 园林绿化建设速度与城市人口增速不匹配。在

2013—2017 年通州区城市绿化情况调查表(表 4)中可以看出,近 5 年北京市通州区绿地面积及公园面积都在逐年上升,但人均绿地面积和人均公园面积总体为下降趋势。这说明通州区园林绿化建设的速度还不能与通州区人口的增长速度相适应。相关部门应关注辖区人口增长趋势,制定与之匹配的园林绿化建设项目,加大城市园林建设力度,保证人均公园绿地面积平稳上升。

### 参考文献:

- [1] 朱舟波. 城市公园园林绿化环境调查分析[J]. 环境与发展, 2017,29(6):199-201.
- [2] 李建松. 地理信息系统原理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2006:1-24.
- [3] 金文超,徐莉莉. 分析 GIS 技术在城市园林化管理中的应用[J]. 现代园艺,2017(22):121.
- [4] 李闽丽. 城市园林绿化调查中 RS 和 GIS 技术的应用[J]. 中南林业学院学报(自然科学版),2006,26(4):141-146.
- [5] 郭华东. 信息获取与处理技术(1998 进展)[M]. 北京:中国建材工业出版社,1999.
- [6] 郑红,肖微,侯碧清,等. 基于高分辨率卫星影像的城市园林绿化现状调查[J]. 中南林业调查规划,2005(1):50-52.
- [7] 范继红,冀一龙. GPS 在园林绿化中的应用前景[J]. 北京农业职业学院学报,2012,26(3):22-26.
- [8] 冯仲科,余新晓. 3S 技术及其应用[M]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [9] 龚天宇. 基于 GIS 和 RS 的城市园林绿化调查与统计分析[C]//江苏省测绘地理信息学会 2016 年学术年会论文集. 南京:《现代测绘》编辑部,2016.

杨小丹,李枝林,王 京,等. 花粉活力与柱头可授性对兰花杂交结荚率的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(10):166-172.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.10.037

# 花粉活力与柱头可授性对兰花杂交结荚率的影响

杨小丹<sup>1</sup>, 李枝林<sup>1</sup>, 王 京<sup>2</sup>, 刘一鸣<sup>1</sup>, 陈贵春<sup>1</sup>, 刘 丹<sup>1</sup>, 王玉英<sup>1</sup>

(1. 云南农业大学园林园艺学院, 云南昆明 650201; 2. 西北农林科技大学, 陕西杨凌 712100)

**摘要:**以 24 个大花惠兰品种为母本, 32 个国兰品种为父本, 通过人工正交杂交共产生 45 个组合, 研究杂交结荚率与花粉活力和柱头可授性之间的关系。结果表明, 国兰花朵开放 0~20 d 的花粉活力处于增长期, 之后花粉活力随花朵开放时间的增加而降低。花朵开放相同天数的不同国兰品种间的花粉活力差异较大, 活力范围为 20%~95%。大花惠兰花朵开放 20~25 d 时柱头都具可授性, 不同品种间有差异。45 个杂交组合中有 22 个组合获得发育成熟的果荚, 结荚组合率为 48.89%, 落果组合率为 51.11%。从授粉到果荚成熟需要 175~200 d, 成熟果实结荚率为 80%~100% 的有 9 个组合, 其中 6 个组合花粉活力 >73%, 柱头可授性很强, 3 个组合花粉活力 <50%, 2 个组合柱头可授性强和 1 个柱头可授性弱; 结荚率为 50%~80% 的有 3 个组合, 花粉活力 >67%, 2 个组合柱头可授性强和 1 个组合的柱头可授性弱; 结荚率 <50% 的有 10 个组合, 其中 1 个组合花粉活力 <50%, 柱头可授性强, 其他 9 个组合花粉活力 ≥50%, 柱头可授性强; 落果率即结荚率为 0 的杂交组合表现为授粉后子房膨大, 生长过程中出现黄苞落果。表明花粉活力、柱头可授性的强弱对结荚率有一定的影响, 一般表现为花粉活力与柱头可授性越强结荚率越高, 反之亦然。花粉活力与柱头可授性可作为杂交授粉能否结荚的重要指标。

**关键词:** 兰花; 花粉活力; 柱头可授性; 杂交; 结荚率; 大花惠兰; 国兰

**中图分类号:** S682.310.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)10-0166-07

兰花是世界名花和我国家喻户晓的传统名花, 也是云南省八大名花之一。广义的兰花是兰科植物的统称, 狭义的兰花常指兰属植物及部分具有较高观赏价值的类型, 按照兰花的生态类型, 可将兰花分为地生兰、附生兰及腐生兰 3 类<sup>[1-3]</sup>。大花惠兰 (*Cymbidium hybridum*) 为兰科 (Orchidaceae) 兰属 (*Cymbidium*) 多年生草本植物, 附生兰类, 是兰属植物通过人工杂交培育出的品种统称<sup>[4]</sup>。大花惠兰株型高大、花大色艳、花期长、花无香味、适应性强, 既可做盆栽, 也可做切花, 花期 10 月至次年 4 月<sup>[5-8]</sup>。国兰 (Chinese *Cymbidium*) 是指兰科兰属中的部分地生类植物, 包括春兰

(*C. goeringii*)、春剑 (*Cymbidium goeringii*)、莲瓣兰 (*C. lianpan*)、蕙兰 (*C. faberi*)、建兰 (*C. ensifolium*)、墨兰 (*C. sinense*) 和寒兰 (*C. kanran*) 等 7 个种<sup>[9]</sup>。具有花型小巧、极具芳香、叶态优美等特点<sup>[10-12]</sup>, 从而使国兰成为世界上最早的盆栽观叶植物之一<sup>[9]</sup>, 花期 2 月至 5 月<sup>[13]</sup>。杂交育种是兰花育种最传统、最重要的方法, 通过杂交育种工作将大花惠兰与国兰品种的优良性状相结合, 有望培育出花大色艳、株型紧凑美观且极具幽香的兰花新品种<sup>[14]</sup>。

兰花杂交的特殊性在于兰花种内或是种间杂交都可以获得成功, 并且与兰科其他植物进行属间杂交有时也可以获得杂交后代<sup>[15]</sup>。用独占春 (*C. eburneum*) 和碧玉兰 (*C. lowianum*) 杂交获得的“韦奇” (*C. vietchi*) 是世界上首个大花惠兰人工杂交品种<sup>[16]</sup>。再利用美花兰 (*C. insigne*) 和“韦奇”、碧玉兰进行杂交, 获得性状较好的粉色与白色品种, 将这些品种再进行杂交, 又得到了紫红色、橘黄色等新品种<sup>[17]</sup>。国外, 尤其是韩国和日本, 对国兰的杂交育种工作开展较早, 关于这方面的研究报道也比较详细<sup>[18]</sup>。我国的杂交育种工作起步比较晚, 2000 年以前, 只有中国科学院昆明植物研究所的和四川

收稿日期: 2018-02-28

基金项目: 云南省重点新产品开发计划 (编号: 2012BB008); 云南农业大学自然科学青年科研基金 (编号: 2016ZR10)。

作者简介: 杨小丹 (1992—), 女, 山西运城人, 硕士研究生, 主要从事观赏植物植物资源利用与创新研究。E-mail: 1053513822@qq.com。

通信作者: 王玉英, 博士, 副教授, 主要从事植物资源的利用和创新研究。E-mail: wyysxp@126.com。

[10] 董仁才, 赵景柱, 邓红兵, 等. 3S 技术在城市绿地系统中的应用探讨——以园林绿地信息采集与管理中的应用为例[J]. 林业资源管理, 2006(2): 83-87.

[11] 宋丽萍, 朱伟华, 丁少江, 等. 深圳城市绿化管理信息系统的设计[J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2003, 27(1): 59-62.

[12] Yokohari M, Takeuchi K, Watanabe T, et al. Beyond greenbelts and zoning: A new planning concept for the environment of Asian megacities[J]. Landscape and Urban Planning, 2000, 47(3/4): 159-171.

[13] 贺光旭. GIS 在城市园林绿化中的应用[J]. 现代农业科

技, 2011(11): 54-54, 57.

[14] 刘志强, 李翠翠, 李 俊. 面向对象的高分辨率遥感影像分类在水土保持监测中的应用研究——以某公路工程为例[J]. 浙江水利科技, 2018, 46(4): 16-20, 37.

[15] 刘生龙, 张永红. 基于遥感影像的土地利用变化检测[J]. 测绘与空间地理信息, 2018, 41(1): 145-148.

[16] 吴诗姘. 遥感图像预处理与分析方法研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2017.

[17] 杨 超, 郭国锋, 李清泉, 等. 植被遥感分类方法研究进展[J]. 地理与地理信息科学, 2018, 34(4): 24-32.