

1995—2019 年城市可食景观英文文献研究*

Research on English Literature of Urban Edible Landscape from 1995 to 2019

万静 孟昕*

WAN Jing, MENG Xin*

摘要: 对可食景观英文文献进行研究分析,旨在探求国际可食景观研究进展和主要研究方向,有助于相关学者后续展开可食景观研究工作。借助 Elsevier Science Direct 数据库和 Web of Science 核心数据库,利用文献计量学方法对 1995—2019 年发表的城市开放空间可食景观英文文献进行关于动态趋势、地域分布、关注点分布等内容的图示化研究。发现英文可食景观文献数量处于成长期,且涉及多个学科,包括环境科学、栽培学、园艺学等,深度不断扩展。其研究内容逐渐多元化,涉及植物多样性、城市农业、景观管理等热点关键词,主要有可食景观的生态性、可食景观对儿童自然教育的支持、社区农园等方面。

关键词: 城市园林;可食景观;文献计量;CiteSpace

中图分类号: TU986

文献标志码: A

文章编号: 1671-2641(2020)03-0038-06

收稿日期: 2020-03-02

修回日期: 2020-04-16

Abstract: The analysis of the English literatures on edible landscape is aimed to explore the international edible landscape research progress and main research directions, which will help scholars to carry out edible landscape research in the future. Based on the Elsevier Science Direct database and the Web of Science core database, this paper focuses on dynamic trends, geographical distribution, and distribution of concerns of the English literatures on urban edible landscape published from 1995 to 2019 by using bibliometrics. The results show that the number of literature is increasing, and the breadth and depth are continuously expanding, including environmental science, plant science, horticulture and other disciplines. The literature contents are gradually diversified, involving hot key words such as plant diversity, urban agriculture, landscape management and so on, mainly including the edible landscape's ecology, the edible landscape's support for children's natural education, and community farms and so on.

Key words: City garden; Edible landscape; Bibliometrics; CiteSpace

可食景观是指以可供人类食用的植物种类作为景观材料,构建园林景观。它不是简单的种植农作物,而是用园林的设计原理、方式等,将设计场地构建成富有生态价值和艺术美感的景观空间^[1]。作为一种新的景观形式,可食景观不仅具有自然保护、观赏游憩的功能,也能满足城市化背景下人们小规模生产的需要,是城市生产与园林景观相结合的途径之一^[2]。景观与农业之间有着密不可分的联系,加强对可食景观的认识,实际上是社会飞速发展下风景园林行业向广度和深度

拓展的重要前提。如今,在农业景观发展的潮流下,各国都在进行将农业材料带入景观设计的尝试^[3]。未来,可食景观所覆盖的领域将更加全面,研究前景广阔,利于我国人居环境生态建设。

国外可食景观的研究起步较早,文献较多,本文利用文献计量学方法,对可食景观相关英文文献进行量化研究,并选取引用量较高的文献进行内容分析,探求可食景观领域的研究热点,以期了解目前国际可食景观研究现状,预判发展趋势,为国内相关研究提供参考。

1 数据来源与分析方法

1.1 数据来源与处理

数据主要来源于荷兰 Elsevier Science Direct 数据库和美国 Web of Science 核心数据库。Elsevier 公司的电子期刊数据库 Science Direct 收录自然科学与工程、生命科学、健康科学、社会科学与人文科学领域的 24 个学科的文章,是世界著名的科学文献全文数据库之一^[4]。美国 Web of Science 数据库是全球最大、覆盖学科最多的综合性学术信息来源,收录了自然科学、工程技术、

* 基金项目:江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

生物医学等各个研究领域最具影响力的超过 8 700 种核心期刊^[5]。

文献检索采用的检索式主要为“TS=Edible Landscape(主题=可食景观)”，在此基础上，继续增加相似检索词“Edible Garden”或“Edible Park”，并排除“Village”等非城市空间的可食景观研究文献，文献发表时间定为 1995—2019 年。通过对 Science Direct 数据库中的期刊文献进行主题检索，构建外文文献总量数据库。同时为了使检索到的期刊文献数量和质量能真实地代表国外可食景观的研究水平和现状，通过 Web of Science 核心数据库构建外文文献核心数据库。借助 E-Learning^[6]、CiteSpace^[7] 和 Excel 等软件处理数据。

1.2 分析方法

首先，从发表年份、学科领域等方面对总量数据库进行数据整理分析，随后缩小检索范围，选取核心文献数据库，对其在发表数量、国家机构、研究领域等方面进行更详细的数据整理及定量分析，并选取发表文献最多的 3 个学科，按照发表年份进行数量统计，以期得出文献发表的相关概率规律及外部特征。此为本研究的主要研究方法。此外，辅以内容分析，选取数据统计分析中的重点文献，从内容主题出发，具体探究近年来国外可食景观领域的主要研究内容及研究进展。

2 数据整理与分析

2.1 发表年份分布

以构建的总量数据库为分析依据，将文献按年度进行数据统计，了解其年变化特点，从而直观反映国外近年在相关学术研究方面的发展情况。共搜索到有效文献 10 227 篇，其中 1995—2002 年每年发表的文献数量均低于 10 篇，表明此时关于可食景观的研究还处于萌芽阶段；2002 年后文献数量开始有增长趋势，

至 2010 年达到 392 篇；此后每年文献发表数量开始了较快的增长，至 2019 年已经达到了 1 207 篇。

文献计量学奠基人之一普赖斯提出“科学文献增长四阶段”理论：第一阶段为学科诞生期，绝对文献数量少，增长不稳定，很难求得相应的数学表达式；第二阶段为学科发展期，文献数量急剧增加，较严格地服从指数增长；第三阶段为学科成熟期，文献数量增长减缓，演变为线性增长，仅维持相对固定的文献增长量；第四阶段为科学完备期，学科文献日趋减少，曲线逐渐平行于横坐标^[8]。本文采用普赖斯文献统计指数模型^[9](以累积数据为依据)对 1995—2019 年的逐年文献累积量 10 227 篇文献进行曲线回归拟合分析(图 1)。2008—2019 年的文献数量基本满足指数函数曲线，符合第二阶段的学科发展期规律，说明在此阶段该专业理论迅速发展。可见国际上关于可食景观的研究处于成长阶段，保持着一定的热度，相关研究依然有着足够的发展空间和前景。

2.2 地域国家分布

在构建的 Web of Science 核心数据库中发现，可食景观研究被世界各地的专家学者们所关注，被

Science Direct 收录的文献作者共来自五大洲，分属于 98 个国家/地区。文献数量排名前 6 位的国家分别是美国(135 篇)、波兰(47 篇)、中国(40 篇)、意大利(40 篇)、德国(38 篇)、西班牙(35 篇)，英国和墨西哥学者则有 32 篇相关文章发表(表 1)。

这些文献在国家间的分布不均衡，约 80% 来自欧美发达国家，可见国家和地区的可食景观研究水平与其发达程度有一定关系。由于可食景观与城市发展和人类生活水平息息相关，为进一步探求影响英文文献地区分布的社会因素，将文献数量处于一二等级的国家的社会经济共同点进行归纳，发现其人均 GDP 已超过 1 万美元，且人口均超过 3 800 万^[10]，经济水平和人口规模成为可能推进国家可食景观研究的社会动因。

为进一步探究各国对于城市可食景观领域研究的需求程度及研究广度，计算出各国可食景观研究文献数在该国景观研究文献总量中所占比例，发现尼日利亚、乌干达等发展中国家可食景观文献所占比重较大，均因人口过密及粮食短缺等问题促使其在城市可食景观领域研究快速发展。而随着城市规模的扩

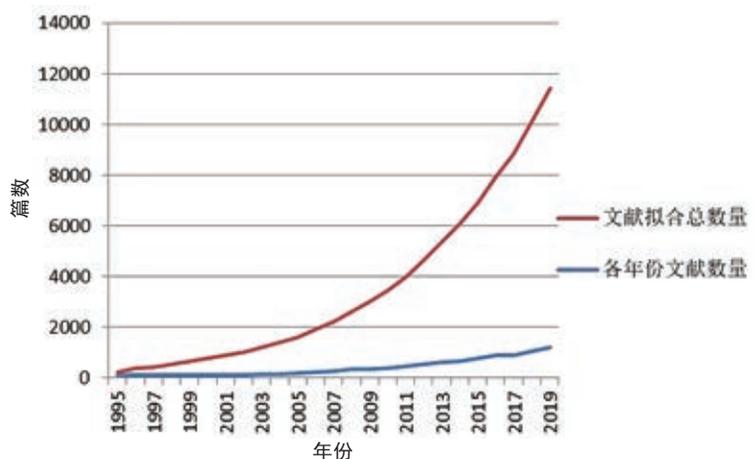


图 1 文献数量分布及增长总量拟合分析图

表 1 文献作者所在国发表核心文献数量数据统计表

等级	来源地	数量 (篇)	比例 1 (%)	比例 2 (%)	
第一等级 (>10%)	美国	135	22	0.21	
	波兰	47	8	1.82	
第二等级 (5% ~ 10%)	意大利	40	6	0.43	
	中国	40	6	0.23	
	德国	38	6	0.25	
	西班牙	35	5	0.41	
	墨西哥	32	5	1.51	
	英国	32	5	0.18	
	法国	28	4	0.28	
	加拿大	27	4	0.23	
	印度	24	4	0.79	
	南非	24	4	0.81	
	巴西	20	3	0.42	
	土耳其	18	3	1.53	
	比利时	18	3	0.56	
	日本	14	2	0.32	
	瑞典	13	2	0.24	
	第三等级 (1% ~ 5%)	尼日利亚	12	2	6.90
		荷兰	12	2	0.20
澳大利亚		10	2	0.08	
阿根廷		9	1	0.48	
克罗地亚		9	1	3.05	
马来西亚		9	1	0.92	
新西兰		9	1	0.42	
俄罗斯		9	1	0.28	
挪威		8	1	0.37	
葡萄牙		8	1	0.40	
丹麦		8	1	0.28	
奥地利		7	1	0.31	
捷克		6	1	0.26	
肯尼亚		6	1	0.98	
泰国		6	1	1.59	
乌干达		6	1	3.80	
第四等级 (<1%)		埃塞俄比亚、希腊、南韩、 哥伦比亚、芬兰等	共 127	<1	

注：比例 1 为各国可食景观研究文献数在世界可食景观文献中所占比例；比例 2 为各国可食景观研究文献数在本国景观研究文献总量中所占比例。等级划分依据为比例 1。

张及公共设施的完善，食品安全等问题逐渐得到大家的重视，学者们越来越期望通过可食景观的研究，探索城市、食品、环境之间的平衡。

2.3 研究领域分布

为更好地反映可食景观在风景园林领域的研究水平和现状，对建立的核心期刊数据库进行学科分类

整理（图 2），得到文献数量排名前 4 的研究方向为 Environmental Sciences（环境科学）、Plant Sciences（栽培学）、Ecology（生态学）、Horticulture（园艺学）。其中，Environmental Sciences 方向文献达 138 篇，其他 3 个方向核心文献总量达 269 篇。

在排名前 3 位的学科中，Environmental Sciences 方向的文献发表数量虽略有起伏，但总体呈现上升趋势，2018 年达到最高为 18 篇；而 Plant Sciences、Ecology 的文献发表数量则在 2015 年之后呈现波动下降趋势（图 3）。

从学科分类统计可以看出，可食景观研究是以环境科学学科研究为主，探讨城市可食景观的资源利用、环境保护和植物种植以及相关工程技术问题。虽然栽培学、园艺学等个别学科发表文献数量在近几年有所下降，但在构建城市农业体系、可食材料在城市景观的使用以及可食用植物的配置等相关研究方面，已发表具有一定价值的研究成果。毋庸置疑，可食景观研究呈现出多学科参与的特点，更加注重其在城市、生态等宏观层面的应用，扩展了人们的关注领域，成为激发创新的催化剂。

2.4 热点词分析

在核心文献数据库中，运用 CiteSpace 提取关键词，分析研究热点的变化。由于可食景观核心文献数据库主要选取 2001 年后的文献，因此分析时间设置为 2001—2019 年，生成关键词知识图谱（图 4），得到排名靠前的关键词有“Plant Diversity（植物多样性）”“Community Garden（社区农园）”“Urban Agriculture（城市农业）”“Traditional Knowledge（传统知识）”“Management（管理）”等。由此可见，可食景观研究内容多样，研究热点涉及生态保护、食品安全、自然教育等多方面。将整理出的热点词按时间进行共现时序分析，绘

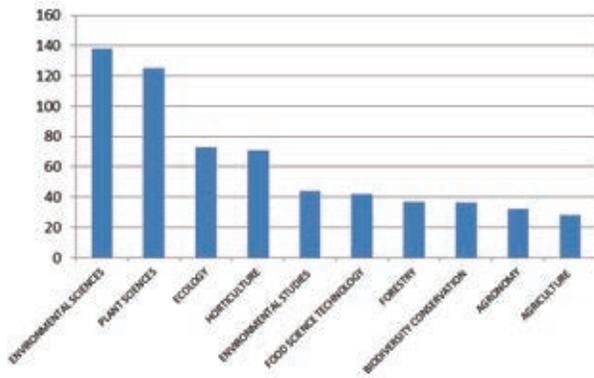


图2 核心文献学科分类数据分析图

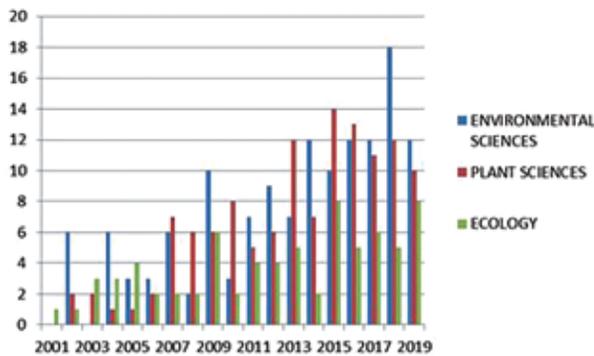


图3 各领域文献发表年份数据分析图

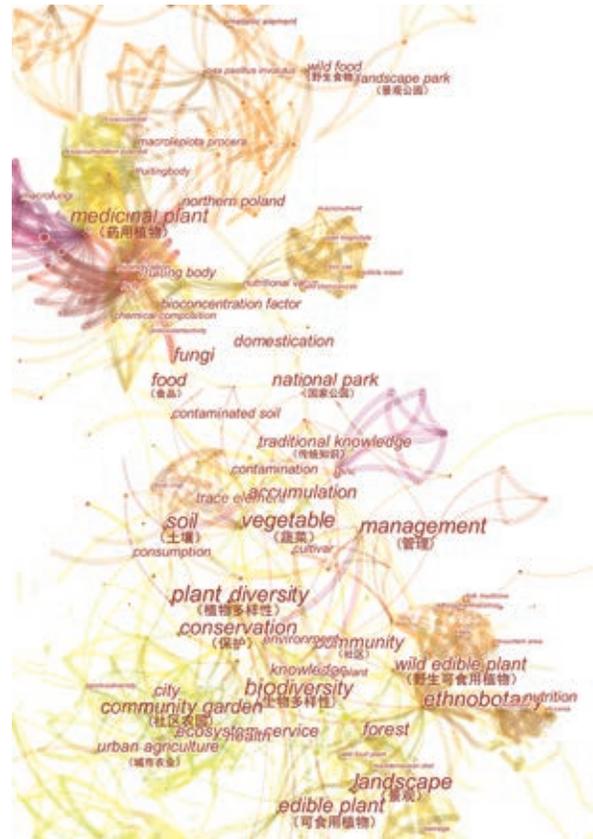


图4 关键词知识图谱

制关键词共现时间序列图谱(图5),可以看出前期可食景观的研究主要在于植物种植、城市农业应用方面,2006年后园艺、传统教育等方面文献开始增多,而生物多样性、城市生态系统、社区农园等则是学者多年持续研究的方向。

3 研究内容及热点讨论

随着人们对环境的重视,可食景观领域越来越注重生态修复以及城市与自然的协调发展,研究内容涉及生态多样性保护、自然认知与自然教育、蔬菜种植、土壤修复、景观营造、应用与管理等多个方面。

笔者在关键词分析的基础上,通过 CiteSpace 软件中的 σ ^① 找到相关重要参考文献,总结归纳近年

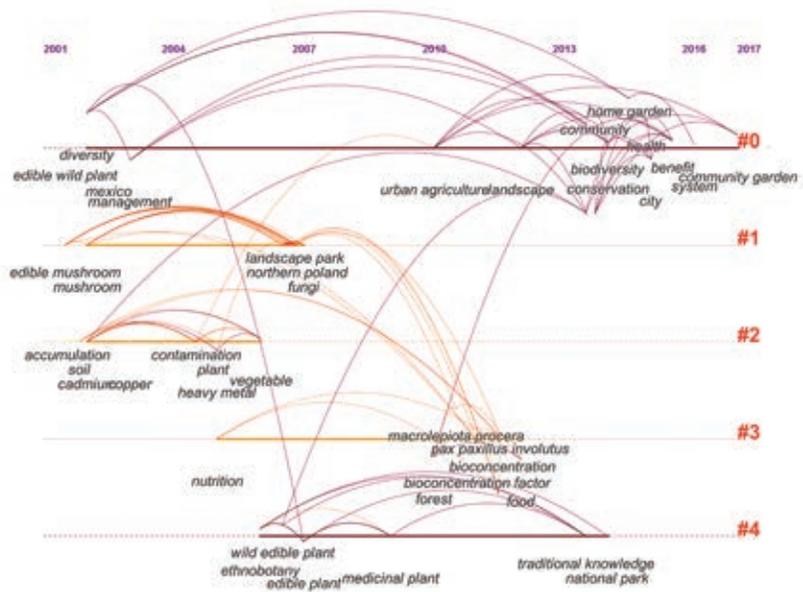


图5 关键词共现时间序列图谱

① σ 值是基于中心性和实现性计算得到,数值越高表示该文献在结构和引文变化中越重要。

可食景观研究热点内容,并对相关热点问题进行讨论。

3.1 城市农业景观

可食景观研究中收录于 Web of Science 核心数据库的有关城市农业景观的文献近 20 篇,主要集中在农业景观的价值研究及应用方法。Brenda B. Lin^[11]认为城市景观在空间上受到限制,难以维持提供有益生态系统服务的植被土地利用,城市农业景观则以多种形式出现,从社区农场到可食用的园林绿化和城市果园,可以促进城市的生产并提供重要的环境服务;Nathan McClintock^[12]从生态、社会和个体 3 个相互关联的维度中探讨农业景观的价值,并试图减少三者间的裂痕;Artmann^[13]研究开发了一个综合评估框架,用于评估城市农业景观的实施和影响效率,并根据可食用城市的例子对该框架进行测试。同时,可食景观核心文献中关于城市农业景观的研究开始向食品安全与健康方面倾斜。Antonella Gori^[14]强调了解污染物对植物可食部分的吸收和转移的重要性,从而在城市生产健康食品,并推动规划和管理可食用景观。

由此可见,粮食供应与需求之间的平衡与环境健康息息相关,保证城市农业景观食品安全是未来面临的挑战和长期目标的基础,实现城市农业可持续发展已成为主要的社会挑战。城市农业景观的研究价值在于把食品带回城市,以及其在提供社会、经济和环境协同效益和生态系统服务方面的多功能性。

3.2 生态景观

城市可食景观在生态方面的研究主要集中于可持续生态景观,其强调保护城市可食植物的多样性,利用生物的自我恢复能力,实现城市绿色空间的永续发展。Alessio Russo^[15]提出可食用绿色基础设施可以在社会、经济和环境方面为城市可持续性和粮食安全作出贡献,强调关于城市供应文化生态系统服务

的重要性,从而提高城市的恢复力和生活质量。Nur Hanim Ilias^[16]通过一个回收食用花园的绿色项目实践,旨在为人们提供可食用资源以及雨水收集和再利用材料,以实现自给自足的生活。

可食景观的研究正在逐渐强调生态保护和可持续发展理念的融入,以及基于自然的生态系统损害解决方案,关注城市调节和文化生态系统服务的供应。同时重视本地化、集约化农业实践在为居民提供食物方面的作用,建立食品生态体系,让人类与其居住环境相结合,致力于打造生态、经济、人文和谐共生的人居环境。

3.3 儿童自然认知与教育

儿童是城市发展的未来参与者,自然体验为其进一步与自然互动提供了基础,并提高了其对环境问题的认识。然而,儿童在自然界中花费的时间越来越少,这威胁到其环境意识行为的发展,并可能对儿童健康产生负面影响。同时城市中的儿童大多缺少体验自然农耕的乐趣。儿童的自然认知、体验以及健康教育已经成为大家关注的重点话题。

Collins^[17]调研新西兰 764 所中小学的校园花园,认为学校可食花园是一种潜在的重要健康促进工具,可将水果和蔬菜的相关知识纳入学生的教育体验中。Jasper R. F. W. Leuven^[18]研究学校园林干预对学生关于蔬菜的知识及偏好的长期影响,结果表明学校可食景观营造及园艺项目的产生,会增强学生对蔬菜的认知,增加学生的品尝意愿。Leonie K. Fischer^[19]则探讨了“生物多样性可食用学校”的概念,将粮食生产和消费与当地生物多样性联系起来,增加儿童了解城市自然和健康食品的机会,强调可食用野生植物作为一种载体,将学生日常接触的不同食物和生物多样性领域联系起来。

3.4 社区农园

当前社区农园可食景观研究集

中于社会健康效应和发展管理等方面。Alan Farrier^[20]利用食物创造可食用的景观来支持社区的包容性发展,并通过变革理论研讨会、访谈和调查来评估可食景观作为社区主导的改善福利框架的更大潜力。Susan Haedicke^[21]探讨了 Aroma-Home 的社区农园如何将荒凉的建筑工地变成一个微型城市农业共享区,该社区花园将粮食种植、故事讲述和场所营造融为一体,通过多民族的参与者的食物种植活动,展现了人们对花园的想象、种植、收获。

社区农园是对城市土地的综合利用,也是对传统开放空间的有益补充,有助于开展城市休闲娱乐活动,保障食品安全,推动城市可持续发展。社区在实现健康和环境效益方面有着重要作用,学者们正致力于将社区以多种方式参与到食物系统中。目前,人们争论较多的问题为社区农园规模太小,能否为食品安全、可持续发展作出显著贡献,这需要进一步开展调查,收集数据来阐明。

4 总结及展望

以上数据研究可以概括出近年来国际可食景观研究的主要特点:1) 研究国家与部门多样。以美国、波兰、意大利等为代表的发达国家是研究的主体,中国、沙特阿拉伯等为代表的发展中国家也占有一席之地,越来越多的高质量文献得到国际学术界的认可。2) 研究学科丰富。由于可食景观影响着整个城市环境空间及生态链保护,因此多学科参与的特性尤为明显,目前以社会科学类及自然科学类为主,其他学科为辅。3) 研究范围广阔,既涉及宏观层面如城市、森林等的地域研究,又有相对微观层面针对食品、城市公园、企业园区等的局地分析。4) 研究前景广阔,涉及景观设计、生态保护、管理维护、自然教育等内容,

属于学科前沿主题。

综上所述,可食景观研究涉及多个学科,其研究成果还处于成长阶段,具有较大的研究价值和发展前景,现有科研成果为后续研究工作的开展奠定了扎实的基础。如何进一步创造适宜人类聚居的城市生态景观环境仍是研究者需要面临的一大挑战。国内学界应明确发展方向,在强化理论与方法研究的同时加强实践探索,将维护人与土地、生态的和谐关系作为基本内容,保障公众食品健康安全,推动景观规划不断创新发展。

注:文中图片均由作者自绘。

参考文献:

- [1] 栾博,王鑫,黄思涵,等.中国城市可食用景观的设计探索[J].风景园林,2017(9):6-42.
- [2] 何伟,李慧.探析社区中可食景观的空间载体及设计理念和技术[J].风景园林,2017(9):43-49.
- [3] 王向荣,林箐.自然的含义[J].城市环境设计,2013,71(5):128-133.
- [4] 王大盈.Elsevier全文电子期刊数据库使用技巧[J].当代图书馆,2010(1):36-38.
- [5] RUBBO P, HELMANN C L, SANTOS C B D, et al. Retractions in the Engineering Field: A Study on the Web of Science Database[J]. Ethics & Behavior, 2017, 29(2): 141-155.
- [6] MESKHI B, PONOMAREVA S, UGNICH E. E-learning in Higher Inclusive Education: Needs, Opportunities and Limitations[J]. International Journal of Educational Management, 2019, 33(3): 424-437.
- [7] 董靓,张米娜.基于CiteSpace的景观与城市微气候研究特征分析[J].风景园林,2018,25(10):32-37.
- [8] 安源,张玲.文献计量学在我国图书情报领域的应用研究进展综述[J].图书馆,2014(5):63-68.
- [9] 钟文娟.基于普赖斯定律与综合指数法的核心作者测评——以《图书馆建设》为例[J].科技管理研究,2012,32(2):57-60.
- [10] 叶伊倩,林世爵.全球竞争力排行榜中的中国——《2019年全球竞争力报告》的解读及对中国的启示[J].科技创新发展战略研究,2020,4(2):52-57.
- [11] LIN B B, PHILPOTT S M, JHA S. The Future of Urban Agriculture and Biodiversity—Ecosystem Services: Challenges and Next Steps[J]. Basic and Applied Ecology, 2015, 16(3): 189-201.
- [12] MCCLINTOCK N. Why Farm the City? Theorizing Urban Agriculture through a Lens of Metabolic Rift[J]. Cambridge Journal of Regions Economy and Society, 2010, 3(2): 191-207.
- [13] ARTMANN M, SARTISON K. The Role of Urban Agriculture as a Nature-Based Solution: a Review for Developing a Systemic Assessment Framework[J]. Sustainability, 2018, 10(6): 1937.
- [14] GORI A, FERRINI F, FINI A. Growing Healthy Food under Heavy Metal Pollution Load: Overview and Major Challenges of Tree Based Edible Landscapes[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2019, 38: 403-406.
- [15] RUSSO A, ESCOBEDO F J, CIRELLA G T, et al. Edible Green Infrastructure: An Approach and Review of Provisioning Ecosystem Services and Disservices in Urban Environments[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2017, 242: 53-66.
- [16] ILIAS N H, HUSSAIN N H M, MANSOR A, et al. Improving Community Quality of Life through Recycle Edible Garden[J]. Environment-Behaviour Proceedings Journal, 2018, 3(7): 77-85.
- [17] COLLINS C, RICHARDS R, REEDER A I, et al. Food for Thought: Edible Gardens in New Zealand Primary and Secondary Schools[J]. Health Promotion Journal of Australia, 2015, 26(1): 70-73.
- [18] LEUVEN J R F W, RUTENFRANS A H M, DOLFING A G, et al. School Gardening Increases Knowledge of Primary School Children on Edible Plants and Preference for Vegetables[J]. Food Science & Nutrition, 2018, 6(7): 1960-1967.
- [19] FISCHER L K, BRINKMEYER DANIEL, KARLE S J, et al. Biodiverse Edible Schools: Linking Healthy Food, School Gardens and Local Urban Biodiversity[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2019, 40: 35-43.
- [20] FARRIER A, DOORIS M, MORLEY A. Catalysing Change? A Critical Exploration of the Impacts of a Community Food Initiative on People, Place and Prosperity[J]. Landscape and Urban Planning, 2019(192): 103663.
- [21] HAEDICKE S. Aroma-Home's Edible Stories: an Urban Community Garden Performs[J]. Renewable Agriculture and Food Systems, 2018, 33(6): 542-547.

作者简介:

万静/1981年生/女/江苏南京人/博士/南京林业大学风景园林学院(南京210037)/讲师/研究方向为园林景观规划设计

(*通信作者)孟昕/1994年生/女/江苏徐州人/南京林业大学风景园林学院(南京210037)/在读硕士研究生/专业方向为园林景观规划设计/E-mail: 627678596@qq.com

杜鹃叶山茶 *Camellia azalea* 与红山茶组 10 个物种间的杂交亲和性研究*

Cross-compatibility between *Camellia azalea* and Ten Species Belonging to Sect. *Camellia*

柯欢 严丹峰* 刘信凯
KE Huan, YAN Dan-feng*, LIU Xin-kai

摘要: 采用常规育种的方法, 以杜鹃叶山茶 *Camellia azalea* 和山茶属红山茶组 10 个原生物种作为杂交育种亲本, 设计 20 个杂交组合, 研究其种间杂交亲和性。结果显示, 杜鹃叶山茶与红山茶组原生种间反交时的杂交亲和性和育种效率要显著高于正交组合。与杜鹃叶山茶进行杂交的亲和性, 最好的是多齿红山茶 *C. polyodonta*、南山茶 *C. semiserrata* 和浙江红山茶 *C. chekiangoleosa*, 其次是尖萼红山茶 *C. edithae*、长毛红山茶 *C. villosa*、滇山茶 *C. reticulata* 和全缘红山茶 *C. subintegra*, 较差的是厚叶红山茶 *C. crassissima* 和怒江红山茶 *C. saluenensis*, 最差的是毛蕊红山茶 *C. mairei*。

关键词: 杜鹃叶山茶; 红山茶组; 物种; 杂交; 亲和性

中图分类号: S688

文献标志码: A

文章编号: 1671-2641(2020)03-0044-05

收稿日期: 2019-12-27

修回日期: 2020-02-04

Abstract: In order to test the interspecific cross-compatibility, *Camellia azalea* was selected as parental material to mate with ten species belonging to Sect. *Camellia* of *Camellia* Genus, by conducting twenty pairs of hybrid combinations under conventional hybridization method. The results showed that the cross-compatibility and breeding efficiencies were significantly higher when *C. azalea* was taken as male parental material rather than as female ones. The cross-compatibility was the best when *C. polyodonta*, *C. semiserrata*, *C. chekiangoleosa* were taken as parental materials to cross to *C. azalea*, with *C. edithae*, *C. villosa*, *C. reticulata*, *C. subintegra* ranking a medium place and *C. crassissima*, *C. saluenensis* ranking an inferior place, while the cross-compatibility between *C. mairei* and *C. azalea* was the poorest.

Key words: *Camellia azalea*; Sect. *Camellia*; Species; Hybridization; Compatibility

山茶属 *Camellia* 红山茶组 Sect. *Camellia* 的原生种具有重要的观赏价值和育种价值, 据报道, 世界上 80% 的山茶花品种均是直接或间接通过山茶属红山茶组的原生物种杂交繁育而成^[1]。杜鹃叶山茶 *Camellia azalea*, 又称杜鹃红山茶或假大头茶, 是红山茶组中唯一具有四季开花特性的原生物种, 其余红山茶组原生种的花期则主要集中在冬季、春季, 通过杜鹃叶山茶与红山茶组物种之间进行杂交育种, 有望获得夏季开花的山茶花杂交新品种^[2-4]。目前关于杜鹃叶山茶与红山茶组原生种间

的杂交育种报道并不多见^[5-9], 笔者所在的研究团队通过多年来对杜鹃叶山茶与红山茶组原生物种间的杂交育种实验, 培育出夏季开花的山茶花新品种。现对杜鹃叶山茶与 10 个山茶属红山茶组原生物种的种间杂交亲和性进行报道。

1 试验材料与方法

1.1 杂交育种材料与方法

2010—2012 年, 在棕榈生态城镇发展股份有限公司肇庆高要基地内开展杜鹃叶山茶的杂交育种试验。

随机选择生长健壮的杜鹃叶山茶嫁接苗为亲本育种材料, 与山茶属红山茶组其余 10 个原生种进行正交和反交的杂交授粉试验(表 1), 授粉后套袋标记, 采收成熟的杂交果实并播种, 繁育其杂交苗 F₁ 代, 具体按照刘信凯等^[10]介绍的方法进行。

1.2 试验指标测定

观测和记录 20 个杂交组合的授粉花数、结果数、种子数和种子出土出苗数, 并计算结果率、每果平均结种子数、出苗率以及出苗数与授粉花数之比。其中: 结果率 = 结果数 / 授粉花数 × 100%; 每果平均结种子数

* 基金项目: 广东省林业科技创新项目(2014KJCX008-01)及广东省重点领域研发计划资助(2018B020202002)。

= 采收种子总数 / 采收果实总数; 出苗率 = 种子破土出苗数 / 播种子总数 × 100%; 出苗数与授粉花数之比 = 种子破土出苗数 / 授粉花数。

1.3 数据处理

数据统计分析由 Excel2003 和 SAS8.0 完成。

2 结果与分析

2.1 正交组合的杂交亲和性分析

杜鹃叶山茶与红山茶组 10 个物

种正交时的结果率不高(表 2), 平均结果率仅为 8.66%。有 60% 的杂交组合的结果率 >10%, 其父本由结果率高至低排列依次为滇山茶、多齿红山茶、南山茶、全缘红山茶、长毛红山茶、浙江红山茶; 剩余 4 个杂交组合的结果率均极低。

据报道, 杜鹃叶山茶自然杂交的每果结种子数约为 2.88 粒^[18]。杜鹃叶山茶与红山茶组 10 个物种正交时有 80% 的正交组合的每果平均结种子数低于杜鹃叶山茶自然杂交,

其中以毛蕊红山茶为父本的杂交组合最低, 仅为 1.00 粒; 只有以怒江红山茶、厚叶红山茶为父本的杂交组合的每果平均结种子数高于杜鹃叶山茶自然杂交, 分别达到 3.40 粒和 3.00 粒。

杜鹃叶山茶的 10 个正交组合的出苗率较低, 平均值仅为 33.30%, 出苗率最高的组合不超过 50%。其中, 70% 的杂交组合的种子出苗率均 >30%, 其父本由出苗率高至低排列分别为怒江红山茶、浙江红山茶、长毛红山茶、尖萼红山茶、多齿红山茶、南山茶、全缘红山茶。而剩余的以滇山茶、厚叶红山茶和毛蕊红山茶为父本的杂交组合出苗率分别为 28.13%、22.22% 和 0。

在杜鹃叶山茶 10 个正交组合中, 育种效率最高的 4 个父本分别为多齿红山茶、长毛红山茶、浙江红山茶、南山茶, 杂交组合的出苗数与授粉花数之比为 0.10~0.13, 其中多齿红山茶和长毛红山茶的育种效率相同; 其次为全缘红山茶、滇山茶、尖萼红山茶, 杂交组合的出苗数与授粉花数之比为 0.07~0.09; 再次为怒江红山茶、厚叶红山茶, 杂交组合的出苗数与授粉花数之比分别为 0.04

表 1 杂交育种亲本材料及其结果属性

序号	杂交亲本材料	花期	结果特性
1	杜鹃叶山茶 <i>C. azalea</i>	4—12月	子房3室, 每果含种子1~6粒
2	浙江红山茶 <i>C. chekiangoleosa</i>	2—3月	子房3~5室, 每果含种子7~10粒
3	厚叶红山茶 <i>C. crassissima</i>	2—3月	子房3室, 每果含种子9~15粒
4	尖萼红山茶 <i>C. edithae</i>	3—4月	子房3室, 每果含种子1~6粒
5	毛蕊红山茶 <i>C. mairei</i>	12月至翌年3月	子房3室, 每果含种子2~18粒
6	多齿红山茶 <i>C. polyodonta</i>	2—4月	子房3室, 每果含种子9~16粒
7	滇山茶 <i>C. reticulata</i>	3月	子房3室, 每果含种子4~16粒
8	怒江红山茶 <i>C. saluenensis</i>	2—3月	子房3室, 每果含种子3~6粒
9	南山茶 <i>C. semiserrata</i>	2—4月	子房3室, 每果含种子10~21粒
10	全缘红山茶 <i>C. subintegra</i>	10—12月	子房3室, 每果含种子1~4粒
11	长毛红山茶 <i>C. villosa</i>	11月至翌年3月	子房3室, 每果含种子1~12粒

注: 整理自参考文献 [11~17]。

表 2 杜鹃叶山茶与红山茶组原生种正交组合的杂交亲和性分析

序号	杂交组合	授粉花数(朵)	结果率(%)	结种数(粒)	每果平均结种子数(粒)	出苗数(株)	出苗率(%)	出苗数与授粉花数之比
1	杜 × 多齿红山茶	240	13.33	85	2.66	32	37.65	0.13
2	杜 × 长毛红山茶	150	11.33	46	2.71	19	41.30	0.13
3	杜 × 浙江红山茶	330	11.21	83	2.24	39	46.99	0.12
4	杜 × 南山茶	280	12.86	78	2.17	28	35.90	0.10
5	杜 × 全缘红山茶	270	11.48	73	2.35	25	34.25	0.09
6	杜 × 尖萼红山茶	260	6.15	43	2.69	17	39.53	0.07
7	杜 × 滇山茶	130	13.85	32	1.78	9	28.13	0.07
8	杜 × 怒江红山茶	180	2.78	17	3.40	8	47.06	0.04
9	杜 × 厚叶红山茶	160	1.88	9	3.00	2	22.22	0.01
10	杜 × 毛蕊红山茶	170	1.76	3	1.00	0	0	0
	平均值	217.00	8.66	46.90	2.40	17.90	33.30	0.08
	变异系数	67.34	4.97	31.44	0.67	13.12	14.00	0.05

注: 杜鹃叶山茶在表中简称为“杜”, 种子破土出苗数在表中简称为“出苗数”, 以下各表格相同。

表3 杜鹃叶山茶与红山茶组原生种反交组合的杂交亲和性分析

序号	杂交组合	授粉花数(朵)	结果率(%)	结种子数(粒)	每果平均结种子数(粒)	出苗数(株)	出苗率(%)	出苗数与授粉花数之比
1	多齿红山茶 × 杜	80	10.00	46	5.75	35	76.09	0.44
2	南山茶 × 杜	90	6.67	47	7.83	31	65.96	0.34
3	浙江红山茶 × 杜	210	6.19	96	7.38	63	65.63	0.30
4	滇山茶 × 杜	60	13.33	36	4.50	15	41.67	0.25
5	长毛红山茶 × 杜	80	11.25	31	3.44	19	61.29	0.24
6	尖萼红山茶 × 杜	140	10.00	45	3.21	28	62.22	0.20
7	全缘红山茶 × 杜	140	8.57	46	3.83	17	36.96	0.12
8	毛蕊红山茶 × 杜	90	5.56	9	1.80	4	44.44	0.04
9	厚叶红山茶 × 杜	90	2.22	8	4.00	4	50.00	0.04
10	怒江红山茶 × 杜	90	1.11	6	6.00	4	66.67	0.04
	平均值	107	7.49	37	4.77	22	57.09	0.20
	变异系数	44.23	3.90	26.73	1.92	18.32	12.92	0.14

和 0.01；以毛蕊红山茶为父本的杂交组合的育种效率为 0。

综合结果率、每果平均结种子数、出苗率、出苗数与授粉花数之比 4 项指标可知，以杜鹃叶山茶为母本的 10 个正交组合中，父本为毛蕊红山茶时与杜鹃叶山茶杂交不亲和，多齿红山茶、长毛红山茶、南山茶等为父本时的杂交亲和性和育种效率在 10 个组合中较高。

2.2 反交组合的杂交亲和性分析

研究 10 个杜鹃叶山茶与红山茶组的反交组合（表 3）可知，其平均结果率不高。仅有 40% 的反交组合的结果率 ≥ 10%，其母本按结果率由高到低排列分别为滇山茶、长毛红山茶、多齿红山茶、尖萼红山茶；结果率居中的母本由高至低依次为全缘红山茶、南山茶、浙江红山茶、毛蕊红山茶，结果率为 5.56%~8.57%；杜鹃叶山茶与厚叶红山茶、怒江红山茶反交时的结果率极低，分别仅为 2.22% 和 1.11%。

杜鹃叶山茶与红山茶组反交组合的每果平均结种子数较高，平均值达到 4.77 粒。反交组合中每果平

均结种子数高于平均值的母本分别为南山茶、浙江红山茶、怒江红山茶、多齿红山茶。而以毛蕊红山茶为母本时的每果平均结种子数最少，仅为 1.80 粒。

杜鹃叶山茶与 10 个红山茶组物种反交时，70% 的组合的出苗率 ≥ 50%，其母本由出苗率高至低依次为多齿红山茶、怒江红山茶、南山茶、浙江红山茶、尖萼红山茶、长毛红山茶、厚叶红山茶。而出苗率最低的杂交组合——全缘红山茶 × 杜鹃叶山茶也达到了 36.96%。

10 个杜鹃叶茶的反交组合的出苗数与授粉花数之比的平均值达到 0.20，其中，出苗数与授粉花数之比 ≥ 0.20 的组合占了 60%，其母本由比值高至低排列依次为多齿红山茶、南山茶、浙江红山茶、滇山茶、长毛红山茶、尖萼红山茶；出苗数与授粉花数之比最低的组合母本为怒江红山茶、厚叶红山茶、毛蕊红山茶，表明杜鹃叶山茶与三者反交时的杂交效率最低。

以杜鹃叶山茶为父本的 10 个反交组合中，综合结果率、每果平均

结种子数、出苗率、出苗数与授粉花数之比 4 项指标可知，怒江红山茶、厚叶红山茶、毛蕊红山茶为母本时的杂交亲和性和育种效率最低，远低于其他种类；多齿红山茶、南山茶、浙江红山茶、滇山茶、长毛红山茶等为母本的杂交亲和性和育种效率最高。

2.3 正反交组合的亲和性 Duncan 排序分析

对杜鹃叶山茶正反交组合的结果率、每果平均结种子数、出苗率、出苗数与授粉花数之比等指标进行 Duncan 排序分析（表 4）。杜鹃叶山茶与红山茶组原生种间正交组合的结果率平均值是反交组合的 1.16 倍，差异未达到显著 ($p < 0.05$)；反交组合的每果平均结种子数、出苗率、出苗数与授粉花数之比的平均值分别是正交组合的 1.99 倍、1.71 倍、2.50 倍，差异均达到极显著 ($p < 0.01$)。故虽然杜鹃叶山茶正交组合的结果率稍高，但其反交组合的每果平均结种子数、出苗率、出苗数与授粉花数之比 3 个指标均显著于正交组合。因此，杜鹃叶山

表4 杜鹃叶山茶与红山茶组原生种间杂交的 Duncan 排序分析

序号	杂交方式	组合数	结果率 (%)	每果平均结种子数 (粒)	出苗率 (%)	出苗数与授粉花数之比
1	正交	10	8.66 ± 4.97a	2.40 ± 0.67b*	33.30 ± 14.00b*	0.08 ± 0.05b*
2	反交	10	7.49 ± 3.90a	4.77 ± 1.92a*	57.09 ± 12.92a*	0.20 ± 0.14a*

注: 字母不同表示处理间的差异达到显著水平 ($p < 0.05$), * 表示处理间的差异达到极显著水平 ($p < 0.01$)。

表5 红山茶组 10 个原生种与杜鹃叶山茶杂交亲和性指标比较

序号	种类	结果率 (%)	每果平均结种子数 (粒)	出苗率 (%)	出苗数与授粉花数之比
1	多齿红山茶	11.67 ± 2.35	4.21 ± 2.18	56.87 ± 27.18	0.29 ± 0.22
2	南山茶	9.77 ± 4.38	5.00 ± 4.00	50.93 ± 21.26	0.22 ± 0.17
3	浙江红山茶	8.70 ± 3.55	4.81 ± 3.63	56.31 ± 13.18	0.21 ± 0.13
4	长毛红山茶	11.29 ± 0.06	3.08 ± 0.52	51.30 ± 14.14	0.19 ± 0.08
5	滇山茶	13.59 ± 0.37	3.14 ± 1.92	34.90 ± 9.57	0.16 ± 0.13
6	尖萼红山茶	8.08 ± 2.72	2.95 ± 0.37	50.88 ± 16.04	0.14 ± 0.09
7	全缘红山茶	10.03 ± 2.06	3.09 ± 1.05	35.61 ± 1.92	0.11 ± 0.02
8	怒江红山茶	1.95 ± 1.18	4.70 ± 1.84	56.87 ± 13.87	0.04 ± 0.00
9	厚叶红山茶	2.05 ± 0.24	3.50 ± 0.71	36.11 ± 19.64	0.03 ± 0.02
10	毛蕊红山茶	3.66 ± 2.69	1.40 ± 0.57	22.22 ± 31.42	0.02 ± 0.03

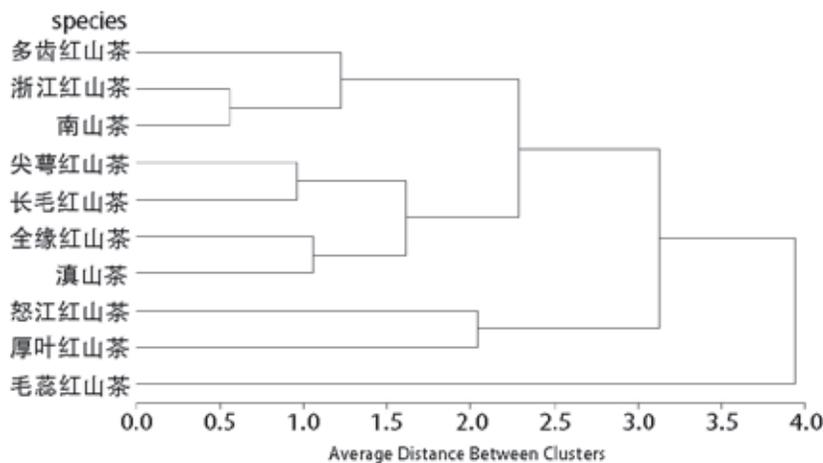


图1 红山茶组 10 个物种与杜鹃叶山茶的杂交亲和性平均距离聚类分析

茶与红山茶组原生种间反交时的杂交亲和性和育种效率显著高于正交组合。

2.4 杂交亲和性综合分析

以 10 个山茶属红山茶组物种与杜鹃叶山茶正反交的结果率、每果平均结种子数、出苗率、出苗数与授粉花数之比 4 项指标的平均值 (表

5) 进行平均距离聚类分析^① (图 1) 可知: 在参试的 10 个红山茶组物种中, 多齿红山茶与杜鹃叶山茶的杂交亲和性最佳, 其次为南山茶、浙江红山茶; 尖萼红山茶、长毛红山茶、滇山茶、全缘红山茶与杜鹃叶山茶的杂交亲和性居中; 厚叶红山茶、怒江红山茶与杜鹃叶山茶的杂交亲

和性较差; 毛蕊红山茶与杜鹃叶山茶的杂交亲和性最差。

3 结论与讨论

在 20 个红山茶组与杜鹃叶山茶的杂交组合中, 杂交亲和性和育种效率最高的组合为多齿红山茶 × 杜鹃叶山茶, 出苗数与授粉花数之比远高于其他组合, 结果率、每果平均结种子数和出苗率 3 项指标均排在前列; 杂交亲和性和育种效率最低的组合为杜鹃叶山茶 × 毛蕊红山茶, 结果率最低, 仅为 1.76%, 且种子不能萌发, 出苗率为 0, 表明杜鹃叶山茶与毛蕊红山茶正交的亲和力和力极差。

杜鹃叶山茶与多齿红山茶、浙江红山茶、南山茶等 7 个红山茶组物种正交时的结果率高于反交时, 仅有与尖萼红山茶、厚叶红山茶和毛蕊红山茶在反交时的结果率比正交时更高。这表明在红山茶组中,

①对 4 个指标变量进行标准化, 使其均值为 0、标准偏差为 1, 再进行平均距离聚类分析。

与杜鹃叶山茶进行杂交时,以其作为母本进行授粉,获得较高结果率的概率较大。

杜鹃叶山茶与10个红山茶物种反交时的每果平均结种子数均高于正交,这与杜鹃叶山茶的生物学特性有很大关系:杜鹃叶山茶的每果结种子数较少,平均约为2.88粒^[18],相比之下,不少红山茶组物种的每果结种子数要多于杜鹃叶山茶,如南山茶、厚叶红山茶、多齿红山茶的每果结种子数分别为10~21粒、9~15粒、9~16粒^[11-17]。因此,在红山茶组中,以杜鹃叶山茶为父本进行杂交,在同等授粉花朵数的情况下,往往能够获得更多的杂交种子。

杜鹃叶山茶与10个红山茶物种反交时的出苗率均高于正交,这也与杜鹃叶山茶的生物学特性直接相关:据李辛雷等^[18]报道,杜鹃叶山茶成熟果实中饱满种子仅占43.29%,对饱满种子进行活力检测时发现活力种子仅占35%;据罗晓莹等^[19]报道,杜鹃叶山茶饱满种子仅占调查总数的40%,有活力种子比例为73%,平均萌发率为38%。可见杜鹃叶山茶的有效种子较少,质量较差,种子向幼苗的转化率低。而不少红山茶组物种的发芽率远高于杜鹃叶山茶的发芽率^[11,13,20-21]。因此,以杜鹃叶山茶为父本与红山茶组物种进行杂交,种子萌发率与成苗率会更高。

在10个红山茶物种当中,毛蕊红山茶与杜鹃叶山茶的杂交亲和性最低,一方面是由于种间亲和性不高:毛蕊红山茶在自然条件下自花授粉时的每果平均结种子数达到8.19粒^[14],在本实验中,杜鹃叶山茶×毛蕊红山茶、毛蕊红山茶×杜鹃叶山茶的每果平均结种子数分别为1.00粒和1.80粒,远低于前者。另一方面也与毛蕊红山茶自身的生物学特性有关:毛蕊红山茶在自然条件下自花授粉时,其平均结果率仅为15.2%~30.3%,种子中不饱满种子比例达16.60%,种子败育率较高^[14]。

注:图1由统计软件SAS8.0自动生成。

参考文献:

[1] 季春峰,徐林初,钱萍,等.世界名贵山茶品种研究[J].江西林业科技,2011(4):9-11.

[2] 高继银,刘信凯,赵强民,等.四季茶花杂交新品种彩色图集[M].杭州:浙江科学技术出版社,2016:1-581.

[3] 游慕贤.茶花界又一国家一级保护珍稀植物—杜鹃红山茶“诞生”[J].花木盆景(花卉园艺),2005(9):14.

[4] 张方秋,杨会肖,徐斌,等.杜鹃红山茶的光响应特性及其最适模型筛选[J].生态环境学报,2015,24(10):1599-1603.

[5] 黄万坚,刘信凯,高继银,等.杜鹃红山茶杂交育种初步研究[C]//中国花卉协会.中国第二届茶花育种学术研讨会暨国际茶花育种学术交流论文集.大理:中国花卉协会,2008:58-64.

[6] 李琳琳,黄万坚,刘信凯,等.应用SSR分子标记技术鉴定张氏红山茶杂交F1代真实性的研究[J].广东园林,2014,36(2):44-47.

[7] 钟乃盛,冯桂梅,黄万坚,等.杜鹃红山茶种间杂交F1代实生苗主要性状的遗传表达[C]//中国园艺学会观赏园艺专业委员会.中国观赏园艺研究进展2012.北京:中国林业出版社,2012:9.

[8] 严丹峰.杜鹃红山茶种间杂交及其F1代性状遗传分析[D].广州:仲恺农业工程学院,2013.

[9] 杨志玲,李纪元,范正琪.山茶属红山茶组物种间及其与品种杂交亲和性研究初报[J].林业科学研究,2004,17(5):650-654.

[10] 刘信凯,高继银,赵强民,等.山茶花杂交育种技术[J].防护林科技,2016(10):124-125.

[11] 庄瑞林.中国油茶(第2版)[M].北京:中国林业出版社,2008:66-99.

[12] 张宏达.山茶属植物的系统研究[J].中山大学学报(自然科学版)论丛,1981(1):1-180.

[13] 袁昌选,杨芹,邓伦秀,等.长毛红山茶物种在天柱自然分布特征及人工繁殖技术研究[J].种子,2019,38(2):

41-45.

[14] 令狐克鸿.毛蕊红山茶开花结实特性及种子生态特征[J].西北农业学报,2013,22(4):140-146.

[15] 高继银,CLIFFORD R PARKS,杜跃强.山茶属植物主要原种彩色图集[M].杭州:浙江科学技术出版社,2005:1-302.

[16] 张宏达.中国植物志(第49卷第3册)[M].北京:科学出版社,1998:1-194.

[17] 叶创兴.山茶属的分群及它们亲缘关系的探讨[J].云南植物研究,1988(1):61-67.

[18] 李辛雷.杜鹃红山茶遗传多样性及其濒危机制[D].北京:中国林业科学研究院,2012.

[19] 罗晓莹,庄雪影.杜鹃红山茶种子与幼苗生物学初步研究[J].种子,2012,31(12):51-53.

[20] 叶欣,谢云,茹华莎,等.浙江红山茶种子的生物学特性[J].浙江农林大学学报,2015,32(4):572-577.

[21] 刘济祥,李干荣.宛田红花油茶播种育苗试验研究[J].山东林业科技,2009,39(1):30-32.

作者简介:

柯欢/1983年生/男/广西藤县人/硕士/佛山市林业科学研究所(佛山528222)/园林高级工程师/主要从事城市林业和山茶等方面的研究

(*通信作者)严丹峰/1985年生/男/河南南阳人/硕士/肇庆学院(肇庆526061)/园林工程师/主要从事山茶花育种等方面的研究/E-mail:ydfkevin@163.com

刘信凯/1980年生/男/福建南平人/本科/棕榈生态城镇发展股份有限公司(广州510627)/高级工程师/主要从事园林植物育种工作