

厦门岛滨海公园外来园林植物入侵风险评估

江怡萱, 王生生, 林希霆, 毛 玥, 刘 阳, 蔡耀欣, 邓传远*

福建农林大学风景园林与艺术学院, 福建福州 350002

摘 要: 本研究通过样线法调查厦门岛 8 个滨海公园的植物种类, 统计得出厦门岛 8 个滨海公园共有园林植物 288 种, 其中外来园林植物 127 种, 占总数的 44.10%。排除部分在厦门岛不具有入侵性的外来植物, 得到具有入侵可能的外来园林植物 80 种。通过文献整理法和专家咨询构建厦门岛滨海公园外来园林植物入侵风险评估体系, 采用层次分析法确定评价指标权重。该评价体系包括 1 个目标层、5 个一级指标以及 20 个二级指标。将 80 种具有入侵可能的外来园林植物代入厦门岛滨海公园外来园林植物入侵风险评估体系得出对应得分。得分在 38.00~58.85 之间的为高风险植物, 共有 13 种; 得分在 23.00~38.00 之间的为中风险植物, 共有 18 种; 得分在 9.30~23.00 之间的为低风险植物, 共有 49 种。对于未列入《中国外来入侵植物志》中的高风险植物应及早发现并采取有效管理措施进行控制, 对中风险植物实施阶段性清除并采用乡土植物替换, 对低风险植物应进行监控和管理。厦门岛 8 个滨海公园的外来园林植物中, 大多数为低风险植物, 其中, 五通灯塔公园、海湾公园以及牛头山公园应用外来植物种类数量居于前三, 建议今后不再引进外来园林植物; 音乐广场应用外来园林植物种类最少, 建议适当引入低风险植物以增加公园的植被多样性。本研究对厦门岛滨海公园的外来植物种类进行梳理, 针对外来植物提出相关防治建议, 为保护厦门岛滨海公园的生态安全, 进一步丰富小尺度区域外来植物的入侵风险评估研究, 以及为其他地区滨海公园引入外来植物提供参考。

关键词: 厦门岛; 滨海公园; 外来园林植物; 入侵风险评估

中图分类号: S688 文献标志码: A

Risk Assessment of Ornamental Introduced Plants in Xiamen Island Coastal Park

JIANG Yixuan, WANG Shengsheng, LIN Xiting, MAO Yue, LIU Yang, CAI Yaixin, DENG Chuanyuan*

College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China

Abstract: The plant species in eight coastal parks in Xiamen island were investigated by the sample line method and a total of 288 species of plants in eight coastal parks on Xiamen island were obtained, among which 127 were introduced plants, accounting for 44.10% of the total. 80 species of exotic garden plants with invasive potential were obtained. The risk assessment system of invasive ornamental introduced plants in Xiamen island coastal parks was constructed by the literature collation method and expert consultation, and the evaluation index weights were determined by the hierarchical analysis method. The evaluation system includes one target level, five primary indicators and twenty secondary indicators. 80 exotic landscape plants with invasive potential were substituted into the risk assessment system of introduced landscape plants in Xiamen island Coastal Park to obtain the corresponding scores. 13 species with scores between 38.00 and 58.85 were considered high-risk plants. 18 species with scores between 23.00 and 38.00 were medium-risk plants. Nine species with scores between 9.30 and 23.00 were low-risk plants. Four high-risk plants that are not listed in the Chinese Invasive Alien Plant Register should be detected early and controlled with effective management measures. Medium-risk plants should be phased out and replaced with native plants, and low-risk plants should be monitored and managed. Most of the ornamental introduced plants in the eight coastal parks in Xiamen island are

收稿日期 2023-05-19; 修回日期 2023-07-18

基金项目 海洋公益性行业科研专项经费项目 (No. 201505009); 福建省区域发展科技项目 (No. 2018Y3006); 福建农林大学科技创新专项基金项目 (No. CXZX2019086);

作者简介 江怡萱 (1998—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 海岛入侵植物。*通信作者 (Corresponding author): 邓传远 (DENG Chuanyuan), E-mail: dengchuanyuan@163.com。

low-risk plants. Among them, Wutong Lighthouse Park, Bay Park and Niu Tou Mountain Park are among the top three in the number of applied introduced plant species, and it is recommended that no more ornamental introduced plants be introduced in the future. Music Square had the least number of introduced plants, and it is recommended to introduce low-risk plants to increase the vegetation diversity of the park. This study sorts out the introduced plant species in Xiamen island coastal parks and proposes relevant control suggestions for introduced plants, protects the ecological security of Xiamen island coastal parks, further enriches the invasion risk evaluation studies in small-scale areas and provides a reference for the introduction of introduced plants in coastal parks in other areas.

Keywords: Xiamen island; coastal park; introduced species ornamental plant; invasion risk assessment

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.07.023

外来物种是指由于人类活动而克服地理障碍, 被引入其自然分布区以外的物种, 当外来物种在当地形成稳定的种群并威胁本地生物多样性而造成生态和经济损失时, 就成为外来入侵种^[1]。外来入侵物种是造成全球生物多样性丧失的主要威胁因素, 对生态安全、生物安全和粮食安全形成了重大威胁, 可引起生态系统的破坏、生物多样性的下降, 甚至物种灭绝, 常导致重大的环境、经济、健康和社会问题, 造成巨大损失, 严重影响到人类的生活^[2-3]。

厦门市位于福建省台湾海峡西岸中部的闽南金三角地区, 其优越的自然地理条件和气候环境有利于各类植被的生长繁衍。同时, 作为一个重要的对外贸易口岸, 厦门市国内外贸易交流频繁, 这也导致该市外来植物种类的丰富度较高^[4]。入侵植物大多都是从沿海省份传入中国^[5], 并具有高度传播能力, 一旦发生爆发式扩散, 往往难以有效遏制, 从而对厦门岛相对脆弱的岛屿生态系统构成重大威胁。滨海公园是指位于海岸线附近且与海水相连的公园, 其有助于促进城市与海洋的互动, 增强城市的魅力和竞争力^[6]。作为厦门岛岛屿生态系统的一部分, 滨海公园自身生态脆弱加上人为干预, 导致其更容易受到外来植物的入侵。在滨海公园的建设中, 园林工作者为了追求景观的美感以及经济效益, 往往使用大量外来植物, 如果这些外来植物具有入侵性, 就会给当地生态以及经济带来严重的后果。对外来植物开展入侵风险评估是防控外来植物入侵最经济有效的措施, 能够极大地节约外来植物管理的经济和时间成本^[7]。目前, 虽然有学者已对厦门大屿岛以及厦门市的外来植物进行大尺度的调查^[4, 8-9], 但是对于小尺度人工生态系统中的外来入侵植物及其入侵风险评估研究相对不足。因此, 本研究对厦门岛内的牛头山公园、海湾公园、音乐广场、观

音山沙滩文化公园、海堤纪念公园、奥林匹克运动雕塑公园、海滨公园以及五通灯塔公园开展外来园林植物调查与统计, 在此基础上, 对厦门岛滨海公园已存在的外来园林植物进行入侵风险评估和风险等级划分, 并针对不同风险等级的外来园林植物提出相应的管控建议和措施。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

厦门岛位于福建省厦门市, 是中国的经济特区之一, 是我国东南沿海的重要港口, 也是著名的海滨旅游城市, 素有“海上花园”之称。厦门岛海岸线蜿蜒曲折, 全长 234 km^[10], 拥有 8 个滨海公园。厦门是典型的亚热带海洋性气候, 年均降雨量在 1200 mm 左右^[11]。厦门市便利的港口运输、发达的经济以及良好的自然环境条件均给外来植物的入侵带来机会。

1.2 方法

1.2.1 外来园林植物调查 于 2021 年 7 月对厦门岛 8 个滨海公园进行调查 (图 1), 详细记录样线内所有植物的中文名、生境、海拔、高度和生长势等, 通过 Plants of the World Online (<https://powo.science.kew.org/>) 电子数据库确定植物原产地。裸子植物采用郑万钧裸子植物分类系统 (1978), 被子植物采用恩格勒系统 (1964), 蕨类植物采用秦昌仁系统 (1978), 整理得到厦门岛滨海公园外来植物名录。

1.2.2 入侵风险评估指标体系的构建 通过前期查阅文献, 参考 OU 等^[9, 12]、朱俊熠^[13]、张红丽等^[14]的评价方法和指标, 结合风景园林专业特色, 遵循系统性、实用性和科学性相结合的原则, 运用层次分析法建立厦门岛滨海公园外来园林植物入侵风险评估体系, 该体系包括 1 个目标层、5 个一级指标以及 20 个二级指标。为保证所得权重

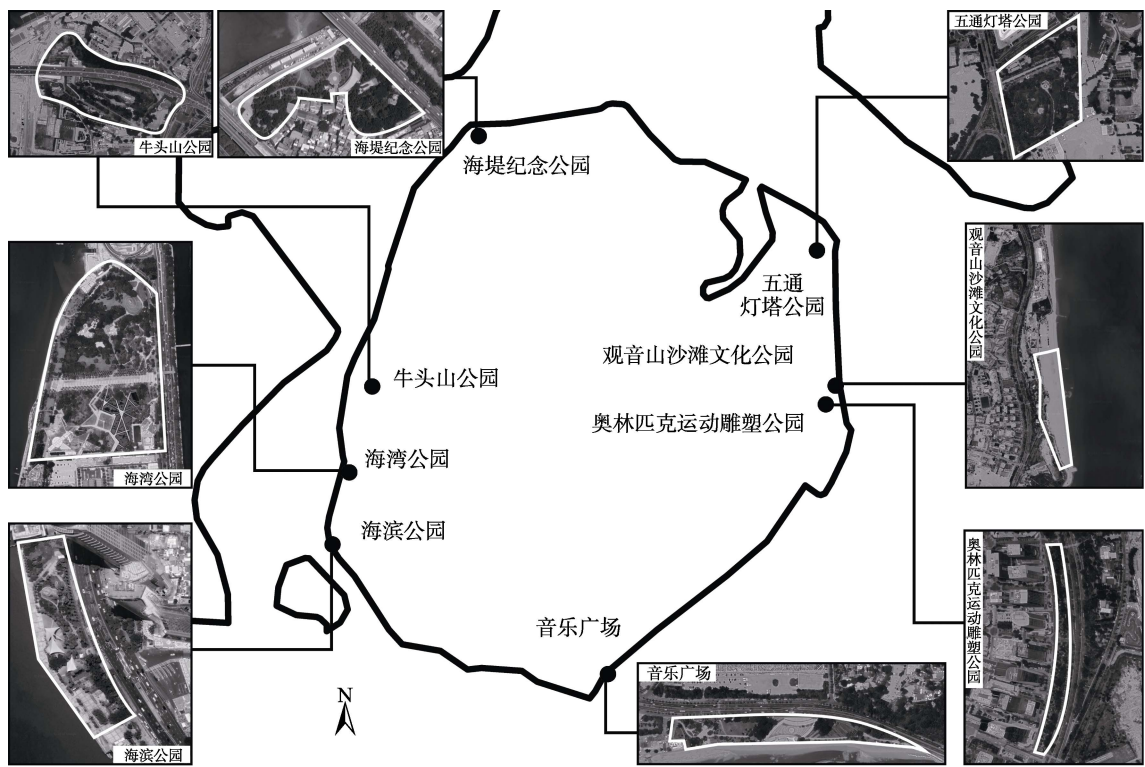


图 1 厦门岛各滨海公园分布
Fig. 1 Distribution of coastal parks on Xiamen island

的合理性和正确性，在计算权重向量后，需要进行一致性检验以计算出判断矩阵的最大特征值（ $\lambda_{\max}$ ）、一致性指标和一致性比率。

1.2.3 入侵风险评估指标体系的检验 为检验厦门岛滨海公园外来植物入侵风险评估体系的合理性和有效性，本研究选择《中国外来入侵植物志》^[15]中厦门岛滨海公园已存在的 30 种园林植物进行评价，包括 17 种入侵等级为 1~4 级（1 级为恶性入侵类，2 级为严重入侵类，3 级为局部入侵类，4 级为一般入侵类）的植物，以及 13 种有待观察类、无入侵风险类的植物。

1.2.4 外来园林植物初步筛选 对所调查的外来园林植物进行初步评估筛选，参考《中国外来入侵植物志》^[15]、《中国外来植物》^[16]和《福建植物志》^[17]，排除栽培种及杂交种，即在厦门岛不具有入侵性的种类，最终得到 80 种具有入侵可能的外来园林植物。根据有关外来入侵物种名单^[18-21]和《中国外来入侵植物志》^[15]中植物的入侵等级，结合外来植物在中国的害程度以及分布范围等因素，将评价得出的结果划分为 3 个不同的入侵风险等级，包括高风险植物、中风险植物和低风险植物。

2 结果与分析

2.1 植物调查统计

2.1.1 植物物种组成 通过调查，厦门岛滨海公园共有园林植物 288 种，隶属 87 科 223 属。其中，本土园林植物 161 种，隶属 67 科 129 属；外来园林植物 127 种，隶属 57 科 131 属。外来园林植物中，豆科植物（16 种）最多，菊科植物（9 种）次之。从生态习性看，草本植物最多 45 种，占 36.0%；乔木（41 种）和灌木（35 种）次之，分别占 32.8%和 28.0%；藤本植物 3 种，占 2.4%；蕨类植物 1 种，占 0.8%。扫描下方二维码（图 2），可查看物种组成详情。



图 2 植物物种组成二维码
Fig. 2 QR code for plant species composition

2.1.2 外来园林植物来源 将园林植物的来源地按亚洲、欧洲、非洲、美洲和大洋洲五大洲进行统计（图 3）。厦门岛滨海公园外来植物主要来自

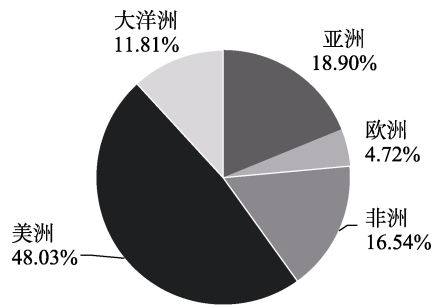


图 3 厦门岛滨海公园外来植物来源地占比
Fig. 3 Percentage of introduced plant source sites in Xiamen island coastal parks

美洲,共 61 种,占外来园林植物总种数的 48.03%;其次分别为亚洲 24 种 (18.90%)、非洲 21 种 (16.54%)、大洋洲 15 种 (11.81%)和欧洲 6 种 (4.72%)。

2.2 构建入侵风险评估体系

参考欧健^[12]对厦门市外来物种入侵风险评估体系中指标权重的计算方法,通过层次分析法修正数据后,在厦门岛滨海公园外来园林植物入侵风险评估体系的判断矩阵中,一级指标与厦门岛滨海公园外来园林植物入侵风险的最大特征值 ($\lambda_{\max}$) 为 5.2703,一致性指标为 0.068,一致性比率为 0.0603<0.1,表明一致性程度较高。一级指标与各二级指标均有较高的一致性,通过上述一致性检验后可得各级指标权重。汇总咨询专家结果后,得出厦门岛滨海公园外来园林植物入侵风险评估体系。分别取三级指标中的最高分和最低分进行汇总,得到整个评估体系的最高分和最低分,故该评估体系总得分范围为 9.30~58.85 分 (表 1)。

表 1 厦门岛滨海公园外来园林植物入侵风险评估体系各指标及其得分
Tab. 1 Various indicators and their scores of the risk assessment system for invasive ornamental introduced plants in Xiamen island coastal parks

一级指标 (得分) Primary indicators (score)	二级指标 (得分) Secondary indicators (score)	三级指标 (得分) Tertiary indicators (score)
入侵性 (7.00)	全球分布情况 (2.00)	分布区 ≥4 大洲 (1.00)
		分布区 2~3 大洲 (0.80)
		仅分布在 1 个大洲 (0.20)
	主要自然分布区 (1.50)	热带及温带地区 (1.00)
		热带地区 (0.40)
		亚热带或温带地区 (0.10)
		寒带地区 (0)
	在厦门滨海公园分布情况 (0.50)	8 个公园均有分布 (0.25)
		5~7 个公园有分布 (0.15)
		2~4 个公园有分布 (0.10)
		仅 1 个公园分布 (0)
定殖性 (12.00)	原产地 (2.50)	美洲 (1.50)
		非洲 (0.60)
		欧洲 (0.30)
		亚洲和其他地区 (0.10)
	中国引入的路径 (0.50)	无意引入 (0.20)
		有意引入 (0.20)
		自然扩散 (0.10)
	生活型 (2.00)	草本 (1.00)
		灌木或藤本 (0.80)
		乔木 (0.20)
	适宜的生境类型 (5.00)	可见于各类生境类型,对干湿条件、遮阳光照等无特定要求 (3.00)
		少数生境类型,对干湿条件、遮阳光照等有特定要求,或仅在人类活动干扰区 (1.50)
		只能生于特定生境中 (0.50)
	种群建立现状 (5.00)	在华东地区种群已建立 (3.00)
		在中国其他地区种群已建立 (1.50)
		种群正在建立 (0.50)

续表 1 厦门岛滨海公园外来园林植物入侵风险评估体系各指标及其得分
Tab. 1 Various indicators and their scores of the risk assessment system for invasive ornamental introduced plants in Xiamen island coastal parks (continued)

一级指标（得分） Primary indicators (score)	二级指标（得分） Secondary indicators (score)	三级指标（得分） Tertiary indicators (score)
扩散性（43.00）	繁殖方式（7.00）	二者皆有（5.00）
		无性繁殖（1.00）
		有性繁殖（1.00）
	传播扩散方式（18.00）	通过风力传播或兼具多种传播方式（9.00）
		通过自然散落或动物携带（6.00）
		通过人为采收、翻耕等（3.00）
	生长速度（18.00）	快（9.00）
		一般（6.00）
		慢（3.00）
危害性（34.00）	对人类的危害（9.00）	植株有毒（有刺激性或能致敏）（5.00）
		有刺（2.00）
		有臭味（2.00）
		无（0）
	对旅游景观资源的影响（1.00）	造成严重影响（0.80）
		造成一定影响（0.20）
		基本无影响（0）
	对农、牧业的危害（9.00）	可对当地多种农作物、树种造成严重影响（6.00）
		至少对 1 种农作物、树种造成影响（3.00）
		基本无影响（0）
	生态危害性（8.00）	造成严重影响（5.00）
		造成一定影响（3.00）
		基本无影响（0）
	是否具有化感作用（2.00）	是（1.50）
		未知（0.50）
		否（0）
防治性（4.00）	生境占领能力（4.00）	有较强的萌发能力或无性繁殖能力（2.00）
		有无性繁殖能力，但能力一般（1.50）
		未知（0.50）
	利用与研究现状（1.00）	不可利用（0.70）
		可以药用、施肥等其他用处（0.20）
		可用于园林绿化（观赏、绿篱、行道树等）（0.10）
	防治措施（1.00）	需要 2 种以上的方式综合治理（0.80）
		仅 1 种方式就可治理（0.20）
		目前不用治理（0）
		是否被列入 4 批中国外来入侵物种名单 ^[18-21] （3.00）
		是（3.00）
		否（0）

注：表格中三级指标的分数为二级指标分数的分配，取三级指标的最高分和最低分汇总得该体系的总得分范围为 9.30~58.85。
Note: The scores of the scoring criteria in the system are the distribution of the scores of the secondary indicators, and the total score ranges from 9.30 to 58.85.

2.3 验证体系

由表 2 可知，入侵等级 1~4 级的植物相符率为 88.89%，有待观察类、无入侵风险类相符率为 100.0%。说明该评价体系总体较为合理，具有一

定代表性和可操作性，可为后续划分风险等级提供参考。

2.4 综合评价结果

对厦门岛滨海公园外来园林植物名录进行初

表 2 30 种外来园林植物入侵风险评估体系检验结果
Tab. 2 Test results of invasive risk assessment system for 30 kinds of ornamental introduced plants

序号 No.	种 Species	入侵等级 Intrusion level	得分 Score	序号 No.	种 Species	入侵等级 Intrusion level	得分 Score
1	马缨丹 <i>Lantana camara</i>	1	56.70	16	飞扬草 <i>Euphorbia hirta</i>	3	31.35
2	银胶菊 <i>Parthenium hysterophorus</i>	1	55.90	17	莧 <i>Amaranthus tricolor</i>	3	25.85
3	小蓬草 <i>Erigeron canadensis</i>	1	52.20	18	草木樨 <i>Melilotus officinalis</i>	4	23.10
4	鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	1	51.20	19	西番莲 <i>Passiflora caerulea</i>	有待观察种	22.60
5	蒺藜草 <i>Cenchrus echinatus</i>	1	49.40	20	剑麻 <i>Agave sisalana</i>	有待观察种	21.90
6	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	1	47.60	21	炮仗藤 <i>Pyrostegia venusta</i>	有待观察种	21.50
7	羽芒菊 <i>Tridax procumbens</i>	2	48.40	22	叶子花 <i>Bougainvillea spectabilis</i>	有待观察种	19.55
8	赛葵 <i>Malvastrum coromandelianum</i>	2	48.30	23	假连翘 <i>Duranta erecta</i>	有待观察种	19.30
9	田菁 <i>Sesbania cannabina</i>	2	43.60	24	大叶相思 <i>Acacia auriculiformis</i>	有待观察种	19.10
10	假烟叶树 <i>Solanum erianthum</i>	2	39.50	25	马占相思 <i>Acacia mangium</i>	无	16.80
11	凹头苋 <i>Amaranthus blitum</i>	2	39.40	26	金红花 <i>Chrysanthemum pulchella</i>	无	16.40
12	紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i>	2	38.10	27	腊肠树 <i>Cassia fistula</i>	无	15.50
13	金合欢 <i>Vachellia farnesiana</i>	3	37.70	28	火焰树 <i>Spathodea campanulata</i>	有待观察种	14.90
14	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	4	36.90	29	非洲凌霄 <i>Podranea ricasoliana</i>	无	13.60
15	南欧大戟 <i>Euphorbia peplus</i>	3	35.90	30	小叶紫薇 <i>Lagerstroemia parviflora</i>	无	12.80

步评估筛选，排除部分在厦门市不具有入侵性亦或是处于栽培状态，无明显扩张趋势的外来植物，得到 80 种具有入侵可能的外来园林植物并代入入侵风险评估体系进行评价。评价结果按照评价得分（*P*）从高到低排列，即入侵风险性从高到低排列（表 3）。

2.5 风险等级划分

根据表 2 和表 3 的综合评价结果，将 $38.00 \leq P \leq 58.85$ 的植物划为高风险外来园林植物，这类植物在厦门岛滨海公园的生态环境中具有极强的竞争能力和繁殖速度，对周边植物造成明显不利影响，同时也会影响公园的景观质量。此外，这些外来植物中部分具有毒性或刺，容易对游客造成伤害，难以有效清除。将 $23.00 \leq P < 38.00$ 的植物划为中风险外来园林植物，其竞争力较强，繁殖速度较快，具有一定的危害性，难以完全清除。将 $9.30 \leq P < 23.00$ 的植物划为低风险外来园林植物，其与周围植物的竞争程度较低，目前尚未对环境造成明显的危害且可控制。最后统计得到厦门岛滨海公园外来园林植物入侵风险等级。结果显示，厦门岛滨海公园外来园林植物中，高风险植物有 13 种，占 80 种外来园林植物总数的 16.25%，隶属 8 科 12 属；中风险植物有 20 种，占 80 种外来园林植物总数的 25.00%，隶属 12 科 17 属；低风险植物有 47 种，占 80 种外来园林植物总数的 58.75%，隶属 27 科 44 属。

2.6 公园外来植物分布情况

通过统计 8 个滨海公园中各个风险等级的外来园林植物种类（图 4）可知，五通灯塔公园应用外来园林植物种类数量居首，而音乐广场则最少。在高风险植物方面，牛头山公园和观音山沙滩文化公园拥有最多种（6 种），海湾公园和滨海公园拥有最少种（1 种）；在中风险植物方面，海堤纪念公园和观音山沙滩文化公园拥有最多种（9 种），海湾公园和音乐广场拥有的种类最少（3 种）。

3 讨论

厦门岛滨海公园共有园林植物 288 种，其中外来园林植物 127 种，占总数的 44.10%。80 种可能具有入侵性的外来园林植物中，高风险、中风险植物共占 38.75%，低风险植物占比较高，占 61.25%，总体来说厦门岛滨海公园入侵风险等级相对较低。研究结果表明，厦门岛滨海公园外来园林植物的主要来源为美洲，其次是来自亚洲及非洲，这与李净等^[4]在厦门市城市外来植物种类构成的研究结果一致。针对此情况，有关部门需加强对来自美洲地区植物的引种前研究。同时，豆科和菊科在外来园林植物科中占比位于前列，建议对这些科的外来植物进行专项管理，重点防治银合欢、小蓬草和鬼针草等高风险植物。

针对厦门岛滨海公园高风险植物提出管控建议：鬼针草、银胶菊、小蓬草、马缨丹、蒺藜草

表 3 厦门岛滨海公园 80 种外来园林植物入侵风险评价结果

Tab. 3 Results of invasive risk evaluation of 80 species of ornamental introduced plants in Xiamen island coastal parks

序号 No.	种 Species	得分 Score	序号 No.	种 Species	得分 Score
1	马缨丹 <i>Lantana camara</i>	56.70	41	合果芋 <i>Syngonium podophyllum</i>	21.10
2	银胶菊 <i>Parthenium hysterophorus</i>	55.90	42	黄槐决明 <i>Senna surattensis</i>	19.60
3	小蓬草 <i>Erigeron canadensis</i>	52.20	43	叶子花 <i>Bougainvillea spectabilis</i>	19.60
4	鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	51.20	44	假连翘 <i>Duranta erecta</i>	19.30
5	蒺藜草 <i>Cenchrus echinatus</i>	49.40	45	大叶相思 <i>Acacia auriculiformis</i>	19.10
6	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	48.90	46	番石榴 <i>Psidium guajava</i>	19.10
7	羽芒菊 <i>Tridax procumbens</i>	48.40	47	长春花 <i>Catharanthus roseus</i>	18.90
8	赛葵 <i>Malvastrum coromandelianum</i>	48.30	48	罗比梅 <i>Flacourtia inermis</i>	18.80
9	紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i>	44.60	49	霸王棕 <i>Bismarckia nobilis</i>	18.80
10	田菁 <i>Sesbania cannabina</i>	43.60	50	艳茉莉 <i>Ruellia elegans</i>	18.40
11	假烟叶树 <i>Solanum erianthum</i>	39.50	51	鸳鸯茉莉 <i>Brunfelsia brasiliensis</i>	18.30
12	凹头苋 <i>Amaranthus blitum</i>	39.40	52	金脉爵床 <i>Sanchezia speciosa</i>	17.80
13	银合欢 <i>Leucaena leucocephala</i>	38.20	53	欧洲猫耳菊 <i>Hypochaeris radicata</i>	17.60
14	金合欢 <i>Vachellia farnesiana</i>	37.70	54	巴西鸢尾 <i>Neomarica gracilis</i>	17.40
15	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	36.90	55	马占相思 <i>Acacia mangium</i>	16.80
16	南欧大戟 <i>Euphorbia peplus</i>	35.90	56	金红花 <i>Chrysanthemum pulchella</i>	16.40
17	酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	34.20	57	葱莲 <i>Zephyranthes candida</i>	16.20
18	紫锦木 <i>Euphorbia cotinifolia</i>	33.40	58	溪畔白千层 <i>Melaleuca bracteata</i>	16.10
19	龙舌兰 <i>Agave americana</i>	32.90	59	朱缨花 <i>Calliandra haematocephala</i>	15.20
20	五叶地锦 <i>Parthenocissus quinquefolia</i>	31.60	60	高大肾蕨 <i>Nephrolepis exaltata</i>	15.00
21	飞扬草 <i>Euphorbia hirta</i>	31.40	61	火焰树 <i>Spathodea campanulata</i>	14.90
22	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	31.30	62	美丽异木棉 <i>Ceiba speciosa</i>	14.90
23	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>	28.40	63	掌叶黄钟木 <i>Tabebuia rosea</i>	14.20
24	双荚决明 <i>Senna bicapsularis</i>	28.30	64	黄花风铃木 <i>Handroanthus chrysanthus</i>	14.20
25	马蹄金 <i>Dichondra micrantha</i>	27.80	65	紫花风铃木 <i>Handroanthus impetiginosus</i>	14.20
26	万寿菊 <i>Tagetes erecta</i>	27.70	66	露兜树 <i>Pandanus tectorius</i>	14.00
27	变叶珊瑚花 <i>Jatropha integrerrima</i>	27.10	67	小叶榄仁 <i>Terminalia neotaliala</i>	13.80
28	苋 <i>Amaranthus tricolor</i>	25.90	68	嘉宝果 <i>Plinia cauliflora</i>	13.60
29	夹竹桃 <i>Thevetia peruviana</i>	25.10	69	酒瓶兰 <i>Beaucarnea recurvata</i>	13.60
30	美人蕉 <i>Canna indica</i>	23.70	70	非洲凌霄 <i>Podranea ricasoliana</i>	13.60
31	草木犀 <i>Melilotus officinalis</i>	23.10	71	三角椰子 <i>Dypsis decaryi</i>	13.50
32	八角金盘 <i>Fatsia japonica</i>	22.70	72	酒瓶椰子 <i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	13.40
33	西番莲 <i>Passiflora caerulea</i>	22.60	73	粉苞冬红 <i>Karomia speciosa</i>	13.30
34	决明 <i>Senna tora</i>	22.20	74	非洲楝 <i>Khaya senegalensis</i>	13.30
35	百日菊 <i>Zinnia elegans</i>	22.00	75	紫娇花 <i>Tulbaghia violacea</i>	13.20
36	剑麻 <i>Agave sisalana</i>	21.90	76	金蒲桃 <i>Xanthostemon chrysanthus</i>	12.90
37	炮仗藤 <i>Pyrostegia venusta</i>	21.50	77	小叶紫薇 <i>Lagerstroemia parviflora</i>	12.80
38	鸡冠刺桐 <i>Erythrina crista-galli</i>	21.40	78	辐叶鹅掌柴 <i>Schefflera actinophylla</i>	12.00
39	飘香藤 <i>Mandevilla laxa</i>	21.40	79	槭叶瓶干树 <i>Brachychiton acerifolius</i>	11.90
40	巴西莲子草 <i>Alternanthera brasiliana</i>	21.20	80	澳洲鸭脚木 <i>Schefflera macrostachya</i>	11.90

及一年蓬已被我国生态环境部列入中国外来入侵物种名单中^[18-21]，对其应重点防治，及时铲除及治理。其余高风险植物因其能够抑制其他本土植物生长或对生态系统具有较强的危害性等原因，被定为厦门岛滨海公园高风险植物。紫茉莉适应性强、易逸生且植株产生化感物抑制邻近植物生

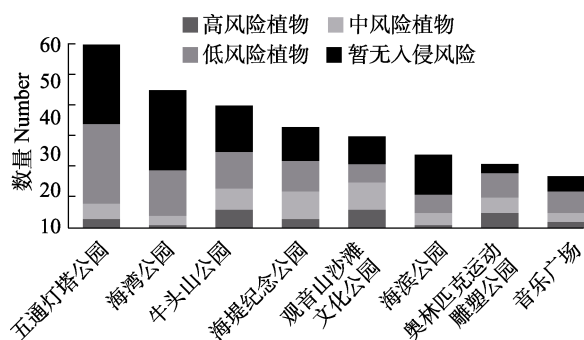


图 4 厦门岛 8 个公园各风险等级外来植物种类

Fig. 4 Exotic plant species of different risk levels in eight coastal parks of Xiamen island

长^[22]，应限制引种并加强种植区管理；假烟叶树种子多且全株有毒，一旦扩散会侵占本地资源并影响当地植物的生物多样性，需在结果前进行人工清除以防止种子散落；凹头苋由于种子细小且易于传播和繁殖，是我国作物和草坪的重要草害，若发生大面积入侵，人工拔除、天敌控制、化学农药等方法均无法将其根除，因此需尽早对其进行防控^[23-25]；银合欢生长迅速，且通过化感作用影响其他树种生长^[26]，因其根系能深入到土壤深层，抗旱能力非常强，需控制引种；羽芒菊、赛葵具有抑制其他植物生长的特性，可能对生态系统造成破坏，可通过将其地下部分翻出地面使其干死；田菁可迅速侵占本土植物的生存空间，对景观效果产生负面影响，甚至对人类健康造成危害，应当连根拔除。

针对中风险植物提出管控建议：根据中国入侵植物名录 (<http://www.iplant.cn/ias/>)，厦门岛滨海公园中风险植物中，金合欢、南欧大戟、飞扬草以及苋的植物风险等级为 3 级（局部入侵类），草木樨以及苦苣菜为 4 级（一般入侵类），双荚决明、五叶地锦、龙舌兰以及万寿菊为 5 级（有待观察类）。对于上述已在中国入侵植物名录中的植物，若为自生植物应及时拔除，以及加强对公园植被的管理。若为人工栽植应当及时替换，例如金合欢及双荚决明可用黄花槐（*Sophora xanthoantha*）代替，五叶地锦可用粉叶首冠藤（*Cheniella glauca*）代替。其余中风险植物应当有针对性地进行管控，例如酢浆草广泛分布于厦门岛 8 个滨海公园，其具有化感作用^[27]，应及时铲除或治理；夹竹桃、紫锦木和变叶珊瑚花的汁液含有毒性成分，接触后可刺激皮肤，因此在公园内种植存在一定危险，应将其控制在适宜栽培

区内种植，并严密监控其生物学特性；白茅以及马蹄金具有极强的无性繁殖能力，相关研究^[28-29]已表明其对其他植物造成一定的影响，应当及时铲除或治理；马齿苋目前广泛应用于医学领域，但其繁殖快、产量高、生命力强以及强大的抗病虫害能力^[30]，使其具备了入侵性植物的重要特征，因此需要重点关注；万寿菊以及美人蕉应加强引种栽培，并严格控制新引种区。

对于低风险植物，尽管它们的潜在风险较低，但随着全球气候和环境的不断变化，它们的潜在风险可能会发生变化。因此，持续进行监测和预警是至关重要的。对低风险植物的监测和预警不应忽视，以免低估植物风险而导致植物入侵风险的扩大。

滨海公园作为城市绿地中的一部分，为岛上居民提供了休闲娱乐的空间，一旦遭到入侵物种的威胁，将会失去其独有的景观生态效应，甚至有可能威胁城市中其他绿地的生态系统。因此，建议在五通灯塔公园、海湾公园和牛头山公园停止引进外来园林植物，奥林匹克运动雕塑公园和音乐广场可以适当引入一些低风险的外来园林植物或本土植物，例如辐叶鹅掌柴（*Schefflera actinophylla*）、朴树（*Celtis sinensis*）等，以增加公园的生物多样性。

生物入侵往往是一个滞后、缓慢的过程，并不是所有引种都会造成生态灾难或巨大经济损失^[31]。因此，公园管理者在引进外来植物时应先进行入侵危害风险评估，并制定相应的防控预案，同时推广本地乡土植物的应用，以保护生态环境并促进乡土植物的发展。本研究对厦门岛滨海公园的外来园林植物种类进行了梳理，通过风险评估将其分为高、中、低 3 个风险等级，并提出相关管控建议，为其他地区滨海公园引入外来植物提供参考。然而，本研究未对外来水生植物进行研究，因此研究体系存在一定的局限性，实际运用也较少，今后需在实践中进一步完善和优化。

参考文献

- [1] 严靖, 闫小玲, 王樟华, 李惠茹, 马金双. 安徽省外来入侵植物的分布格局及其等级划分[J]. 植物科学学报, 2017, 35(5): 679-690.
- YAN J, YAN X L, WANG Z H, LI H R, MA J S. Distribution pattern and rating of alien invasive plants in Anhui province[J]. Plant Science Journal, 2017, 35(5): 679-690. (in

- Chinese)
- [2] 丁晖, 马方舟, 吴军, 雷军成, 乐志芳, 徐海根. 关于构建我国外来入侵物种环境危害防控监督管理体系的思考[J]. 生态与农村环境学报, 2015, 31(5): 652-657.
DING H, MA F Z, WU J, LEI J C, LE Z F, XU H G. Considerations of building up a supervision and management system for prevention and control of invasive alien species posing environmental hazards in China[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2015, 31(5): 652-657. (in Chinese)
- [3] Species Survival Commission (SSC). IUCN Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species[C]. Nairobi: Fifth meeting of the conference of the parties to the Convention on Biological Diversity, 2000.
- [4] 李净, 赵娟娟, 陈珊珊, 陈春娣, 张启翔. 厦门市城市外来植物的种类构成[J]. 生态环境学报, 2017, 26(1): 20-26.
LI J, ZHAO J J, CHEN S S, CHEN C D, ZHANG Q X. Species composition of urban alien plants in Xiamen, China[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2017, 26(1): 20-26. (in Chinese)
- [5] HAO Q, MA J S. Invasive alien plants in China: an update[J]. Plant Diversity, 2023, 45(1): 117-121.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 公园设计规范: GB 51192—2016[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Park design specifications: GB 51192—2016[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016. (in Chinese)
- [7] 丁晖, 石碧清, 徐海根. 外来物种风险评估指标体系和评估方法[J]. 生态与农村环境学报, 2006, 22(2): 92-96.
DING H, SHI B Q, XU H G. Index system and methodology for risk assessment of alien species[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2006, 22(2): 92-96. (in Chinese)
- [8] 朱开建, 王博, 孙雷, 陈剑榕. 厦门大屿岛白鹭自然保护区外来入侵植物[J]. 厦门科技, 2006(3): 38-41.
ZHU K J, WANG B, SUN L, CHEN J R. Exotic invasive plants in Xiamen Dayu Island Egret Nature Reserve[J]. Xiamen Science & Technology, 2006(3): 38-41. (in Chinese)
- [9] OU J, LU C Y, O'TOOLE D K. A risk assessment system for alien plant bio-invasion in Xiamen, China[J]. Journal of Environmental Sciences, 2008, 20(8): 989-997.
- [10] 李方舟, 章臻, 张昭天, 王逸, 周嘉浩. 厦门岛内不同功能区土壤与灰尘重金属污染的特征及评估[J]. 安全与环境学报, 2017, 17(2): 719-724.
LI F Z, ZHANG Z, ZHANG Z T, WANG Y, ZHOU J H. Analysis and evaluation of the soil and dust contamination by heavy metals in different functional zones on Xiamen[J]. Journal of Safety and Environment, 2017, 17(2): 719-724. (in Chinese)
- [11] 厦门市统计局. 2022 年厦门经济特区年鉴[M]. 厦门: 中国统计出版社, 2022.
Xiamen Bureau of Statistics. 2022 yearbook of Xiamen Special Economic Zone[M]. Xiamen: China Statistics Press, 2022. (in Chinese)
- [12] 欧健. 厦门外来物种入侵风险评估研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2008.
OU J. Study on risk assessment for alien species in Xiamen[D]. Xiamen: Xiamen University, 2008. (in Chinese)
- [13] 朱峻烟. 宁波市外来入侵植物调查及其入侵风险评估[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2019.
ZHU J Y. Investigation and risk assessment of alien invasive plants in Ningbo, Zhejiang province[D]. Hangzhou: Zhejiang Agriculture and Forestry University, 2019. (in Chinese)
- [14] 张红丽, 潘曲波, 彭麟迪, 郑成洁, 王南媛. 滇池东岸湿地公园园林植物外来种的生态风险评价[J]. 西部林业科学, 2022, 51(2): 113-123, 154.
ZHANG H L, PAN Q B, PENG L D, ZHENG C J, WANG N Y. Ecological risk assessment of exotic garden plants in the east bank of Dianchi Lake Wetland Park[J]. Journal of West China Forestry Science, 2022, 51(2): 113-123, 154. (in Chinese)
- [15] 闫小玲, 严靖, 王樟华, 李惠茹, 马金双. 中国外来入侵植物志[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2020.
YAN X L, YAN J, WANG Z H, LI H R, MA J S. Alien invasive flora of China[M]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, 2020. (in Chinese)
- [16] 何家庆. 中国外来植物[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2012.
HE J Q. Exotic plants in China[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2012. (in Chinese)
- [17] 福建省科学技术委员会. 福建植物志[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1993.
Science and Technology Commission of Fujian Province. Flora of Fujian[M]. Fuzhou: Fujian Science & Technology Publishing House, 1993. (in Chinese)
- [18] 环境保护部. 关于发布中国外来入侵物种名单(第三批)的公告[EB/OL]. (2014-08-20)[2023-05-19]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201408/t20140828_288367.htm.
Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on the release of the list of invasive alien species in China (third batch)[EB/OL]. (2014-08-20)[2023-05-19]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201408/t20140828_288367.htm. (in Chinese)
- [19] 环境保护部. 关于发布中国第二批外来入侵物种名单的通知[EB/OL]. (2010-01-07)[2023-05-19]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201001/t20100126_184831.htm.

- Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Notice on the release of the second list of invasive alien species in China[EB/OL]. (2010-01-07)[2023-05-19]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201001/t20100126_184831.htm. (in Chinese)
- [20] 环境保护部. 关于发布《中国自然生态系统外来入侵物种名单(第四批)》的公告[EB/OL]. (2016-12-20)[2023-05-19]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201612/t20161226_373636.htm.
Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on the release of the list of invasive alien species in China's natural ecosystems (fourth batch)[EB/OL]. (2016-12-20)[2023-05-19]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201612/t20161226_373636.htm. (in Chinese)
- [21] 国家环保总局. 关于发布中国第一批外来入侵物种名单的通知[EB/OL]. (2003-01-10)[2023-05-19]. https://www.mee.gov.cn/gkml/zj/wj/200910/t20091022_172155.htm.
Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Notice on the release of China's first list of invasive alien species[EB/OL]. (2003-01-10)[2023-05-19]. https://www.mee.gov.cn/gkml/zj/wj/200910/t20091022_172155.htm. (in Chinese)
- [22] 许桂芳, 刘明久, 李雨雷. 紫茉莉入侵特性及其入侵风险评估[J]. 西北植物学报, 2008(4): 4765-4770.
XU G F, LIU M J, LI Y L. Invasion characteristics and invasion risk assessment of *Mirabilis jalapa*[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2008(4): 4765-4770. (in Chinese)
- [23] 吕玉峰, 付岚, 张劲林, 边勇, 刘若思. 苋属入侵植物在北京的分布状况及风险评估[J]. 北京农学院学报, 2015, 30(2): 20-23.
LYU Y F, FU L, ZHANG J L, BIAN Y, LIU R S. Distribution and risk assessment of *Amaranthus* invasive plants in Beijing[J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 2015, 30(2): 20-23. (in Chinese)
- [24] 向国红, 王云, 彭友林. 洞庭湖区外来物种苋属植物的种类、分布及危害调查[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(7): 103-106.
XIANG G H, WANG Y, PENG Y L. Species, distribution and damage of *Amaranthus*, an alien species, in Dongting lake area[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2010, 38(7): 103-106. (in Chinese)
- [25] 郑卉, 何兴金. 苋属 4 种外来有害杂草在中国的适生区预测[J]. 植物保护, 2011, 37(2): 81-86, 102.
ZHENG H, HE X J. Prediction of potential distribution of four alien invasive *Amaranthus* weeds in China[J]. Plant Protection, 2011, 37(2): 81-86, 102. (in Chinese)
- [26] 陶文琴, 林佳如, 郭艳霞, 黄丽宜, 缪绅裕, 王厚麟, 黎延阳, 宋健新. 银合欢叶片水提液对 3 种蔬菜种子萌发的化感效应[J]. 广东农业科学, 2013, 40(14): 54-56.
TAO W Q, LIN J R, GUO Y X, HUANG L Y, MIAO S Y, WANG H L, LI Y Y, SONG J X. Allelopathy effects of leaf water extracts from an invasive species *Leucaena leucocephala* on the seed germinations of three brassicaceae vegetable species[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2013, 40(14): 54-56. (in Chinese)
- [27] 卞金鸽, 刘宁, 黄雨晗, 邱鹏飞, 张婵. 酢浆草和红花酢浆草对萝卜种子的化感作用[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2017, 45(5): 21-27, 31.
BIAN J G, LIU N, HUANG Y H, QIU P F, ZHANG C. Allelopathic effects of *Oxalis corniculata* and *Oxalis corymbosa* on seed germination and seedling growth of radish[J]. Journal of Henan Institute of Science and Technology (Natural Science Edition), 2017, 45(5): 21-27, 31. (in Chinese)
- [28] 肖宋高, 李娟, 张卓文, 王文恩, 吴笛. 草坪杂草入侵及其竞争效应[J]. 草业科学, 2009, 26(1): 111-118.
XIAO S G, LI J, ZHANG Z W, WANG W E, WU D. Weeds invading and the competition impact in turf[J]. Pratacultural Science, 2009, 26(1): 111-118. (in Chinese)
- [29] 戚志伟, 高艳娜, 李沙沙, 樊同, 管桐, 王开运, 张超. 长江口滨海湿地芦苇和白茅形态和生长特征对地下水位的响应[J]. 应用与环境生物学报, 2016, 22(6): 986-992.
QI Z W, GAO Y N, LI S S, FAN T, GUAN T, WANG K Y, ZHANG C. A comparative study of morphology and growth traits between *Phragmites australis* and *Imperata cylindrica* under varying ground water table in the coastal wetland of Yangtze River Estuary[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2016, 22(6): 986-992. (in Chinese)
- [30] 唐红枫, 孙茜. 马齿苋药用价值研究进展[J]. 山东化工, 2016, 45(20): 64-65.
TANG H F, SUN Q. Advance in the research of the medicinal value of *Portulaca oleracea* L.[J]. Shandong Chemical Industry, 2016, 45(20): 64-65. (in Chinese)
- [31] 万方浩, 郑小波, 郭建英. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
WAN F H, ZHENG X B, GUO J Y. Biology and management of invasive alien species in agriculture and forestry[M]. Beijing: Science Press, 2005. (in Chinese)