

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2022.03.010

滇池北岸园林湿地植物外来种 生态风险评价研究

郑成洁, 潘曲波, 王南媛, 王江

西南林业大学 园林园艺学院, 昆明 650233

摘要: 采用重点普查与野外路线调查相结合的方法, 对滇池北岸已建成的6个湿地公园的所有园林植物进行了4轮调查。通过构建“生态风险预评价体系”对所有园林植物外来种进行筛选, 筛选出具风险隐患且相关法规和标准尚未确定其为恶性入侵的园林植物外来种作为待评价目标。通过层次分析法构建“生态风险评价体系”, 对待评价种进行生态风险评价。结果表明: 滇池北岸园林湿地园林植物外来种共计121种, 隶属于57科99属, 以多年生草本为主。在通过预评价体系筛选出的48种园林植物外来种中, 风险极高的园林植物外来种有2种, 风险较高的园林植物外来种有3种, 风险中等的园林植物外来种有21种, 风险较低的园林植物外来种有20种, 风险极低的园林植物外来种有2种。根据园林植物外来种在园林绿化中的特殊作用和不同的生态风险等级对其提出了防控对策和建议。

关键词: 滇池; 园林湿地; 园林植物; 植物外来种;
生态风险评价

中图分类号: S731.2

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 1673-9868(2022)03-0083-10

Study on Ecological Risk Assessment of Exotic Plant Species in Garden Wetland of North Dianchi Lake

ZHENG Chengjie, PAN Qubo, WANG Nanyuan, WANG Jiang

College of Landscape Architecture and Horticulture, Southwest Forestry University, Kunming 650233, China

Abstract: A combination of key census and field route surveys was conducted in 4 rounds of surveys on the plants in the 6 wetland parks built on the north bank of Dianchi Lake. Through the establishment of an “ecological risk pre-assessment system”, all exotic species of garden plants are screened, and exotic species of garden plants that have potential risks and have not been identified as malignant invasion by relevant laws and regulations are selected as targets to be evaluated. The “ecological risk assessment system” was

收稿日期: 2021-03-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(31760234); 云南省科技厅青年基金项目(2018FD048)。

作者简介: 郑成洁, 硕士研究生, 主要从事风景园林规划与设计研究。

通信作者: 潘曲波, 硕士, 高级实验师。

constructed by analytic hierarchy process to evaluate the ecological risk of the selected species. The results showed that there were 121 exotic species of garden plants in the wetland on the north bank of Dianchi Lake, belonging to 57 families and 99 genera, mainly perennial herbs. Among the 48 exotic species of garden plants selected through the pre-evaluation system, there are 2 species of garden plants with extremely high risk, 3 species of garden plants with high risk, and 21 species of garden plants with moderate risk. There are 20 exotic species of garden plants with low risk, and 2 exotic species of garden plants with extremely low risk. According to the special role of exotic garden plants in landscaping and different ecological risk levels, prevention and control countermeasures and suggestions are put forward.

Key words: Dianchi Lake; garden wetland; landscape plant; plant exotic species; ecological risk assessment

滇池是昆明的“母亲湖”，具有调节区域气候、养殖水产品、为游客提供旅游休闲场所等多种功能，并对昆明市经济和社会的发展起着重要的作用^[1]。20 世纪 70 年代末期，滇池水质开始受到污染，至 90 年代初恶化至劣 V 类^[2]。为了保护水环境，遏制水质再度恶化，以及保障昆明市主城区的防洪安全，昆明市相关部门采取综合治理方法治理水污染，使得滇池水质得到显著改善^[3]。湿地公园的建设，在促进滇池生态系统的恢复、维持滇池区域的生态系统平衡、增加滇池湿地面积和缓解滇池区域天然湿地压力等方面发挥着巨大的作用^[4]。在滇池区域湿地公园建设前期，由于对引入的园林植物不够了解，人们为满足景观效果和经济效益，盲目地引种并大量使用园林植物外来种，忽略了其潜在危害；并且高频率的国际植物材料交流活动的举办，增加了园林植物外来种的引种频率，使得园林植物外来种的引种可能成为生物入侵的重要途径^[5-6]。

植物外来种是指由于人类活动或与人类有关的活动使其重新分布或出现在原来不存在的地区或生态系统中的植物^[7]。当植物外来种在该区域归化并出现逸生情况，造成或可能造成当地生物多样性丧失，破坏生态系统结构与功能，带来重大经济损失，以及危害人类健康，这种过程称为植物外来种入侵^[7-8]。植物外来种入侵已成为全世界关注的热点问题之一^[9-10]。在园林植物外来种引种中，人们关注更多的是引种植物外来种所带来的观赏价值和经济效益，极少在意甚至忽略了其造成的负面效应。因此，本研究以滇池园林湿地园林植物外来种为研究对象，对滇池北岸园林湿地园林植物外来种进行了生态风险评价。以期对滇池区域未来园林植物外来种的引种以及对已存在的园林植物外来种的防控和管理积累数据和提供参考，促进滇池区域生态风险的管理，保护湿地生物多样性。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

滇池(24°40′—25°02′E, 102°36′—102°47′N)位于云南中部，地理环境复杂，属于亚热带湿润季风气候区，其特殊的自然环境条件影响了昆明的自然气候，使得昆明气候宜人^[4, 11]。昆明主城区位于滇池区域北岸，是滇池流域内经济最发达，人口最密集，入湖污染负荷最大的区域^[12]。密集的人口和快速的发展可能成为影响植物外来种成为入侵物种的因素之一^[7]。并且滇池以其特有的气候特征和良好的自然环境，为园林植物外来种提供了充足的适生区，也为植物入侵创造了有利条件。

1.2 研究方法

1.2.1 园林植物外来种调查方法

采用全面普查结合路线调查的方法，对滇池北岸已建成的 6 个湿地公园的所有园林植物相关信息进行调查和记录。6 个湿地公园总面积约 239.80 hm²，详细信息见表 1。

通过 2 年 4 轮的调查，对 6 个湿地公园的所有植物进行统计。第 1, 2 轮进行全面普查，记录植物的名

称、植被类型、生活型和植被生长状况等, 并拍照记录植物全株和局部形态特征. 第 3, 4 轮借助卫星影像图, 确定公园主、次干道和游步道并规划调查路线, 依据第 1, 2 轮整理的资料, 测量园林植物外来种扩散范围, 详细记录植物外来种生长状况、周围环境中其他植被生长状况、物种丰富度和植物生境条件等, 同时采集植物种子作为备用. 对于公园重要节点和植物郁闭度较高的区域采用重点普查进行辅助调查. 园林植物外来种的扩散范围, 主要依据其初期设计图纸上的范围与测量其现状分布范围进行对比, 通过对比得出园林植物外来种的繁殖扩散分布范围及密度. 通过查阅《中国外来入侵种》^[13]《云南湿地外来入侵植物图鉴》^[14]《中国外来入侵植物名录》^[15]以及电子数据库等文献资料, 统计并核对园林植物信息.

表 1 滇池北岸已建成的 6 个湿地公园的基本信息

公园名称	建成时间	占地面积/hm ²	湿地功能	区位
海东湿地公园	2015 年	54.49	水质净化、生态修复	近郊
永昌湿地公园	2016 年	14.54	生态环境保护	近郊
西亮塘湿地公园	2010 年	27.35	水生态恢复、水资源保护	远郊
海埂公园	20 世纪 60 年代初期	50.03	旅游休闲、娱乐度假、生态修复	近郊
王官湿地公园	2015 年	50.03	生态保护、水质净化	远郊
斗南湿地公园	2016 年	43.36	净化水质、修复生态、城市休闲	远郊

1.2.2 构建预评价体系

参考王焱等人^[16]的风险预评价方法, 根据滇池区域园林湿地园林植物应用的实际情况, 构建了“已存在”和“未引入”两种不同状态的预评价体系(图 1). 依据预评价体系和《中国外来入侵植物名录》^[15]记录的植物外来种风险等级, 排除恶性入侵园林植物种、在该地区明显不具有逸生可能性的园林湿地植物种以及不可能对湿地造成潜在危害的园林植物外来种, 筛选出具风险隐患且相关法规和 research 尚未确定其为恶性入侵的园林植物外来种作为待评价种.

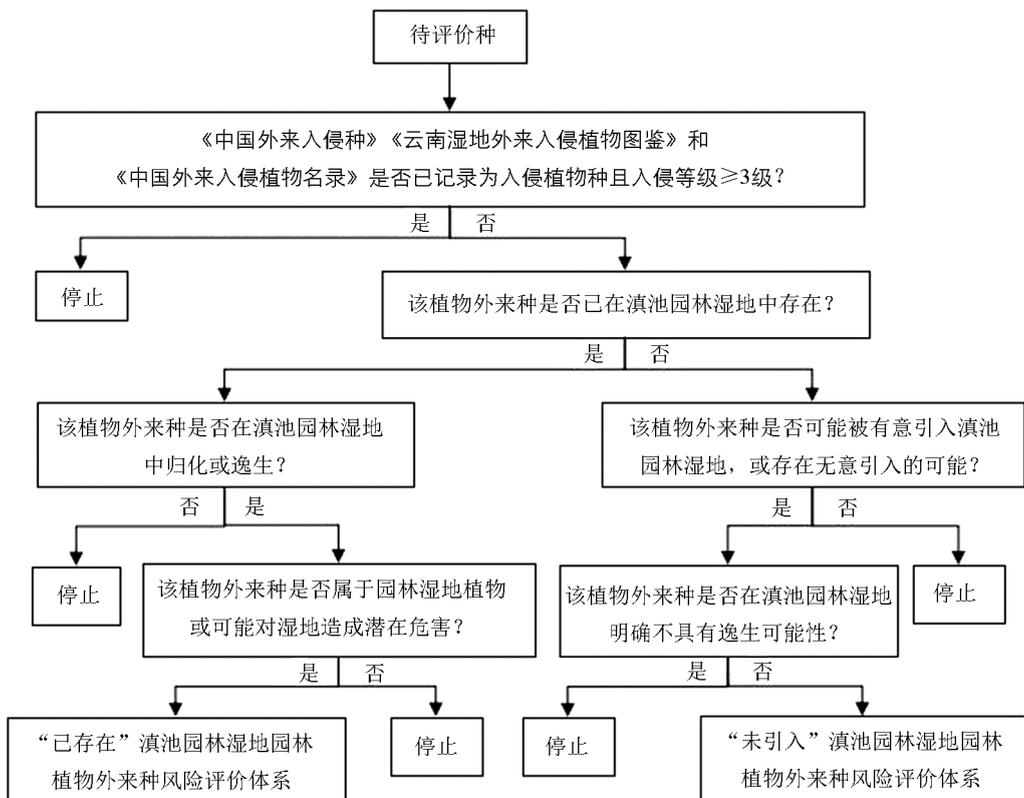


图 1 滇池湿地植物外来种生态风险预评价体系

1.2.3 生态风险评价体系的构建

综合国内外已构建体系评价植物外来种的地区的评价方法和技术,参考彭宗波等^[17]、欧健等^[18]、郑美林等^[19]、刘蕴哲^[20]、王焱等^[16]、刘可丹等^[21]、OU J 等^[22]、Mool Chand Singh 等^[23]、Gordon D R 等^[24]和杨小艳等^[25]的植物外来种生态风险评价,结合滇池区域的生态环境特点、经济社会环境特征,综合植物本身特性、引种地自然环境条件和引种地人类活动等因素,构建滇池区域植物外来种生态风险评价体系^[26]。

1.2.4 生态风险评价体系检验

为判断评价体系的有效性,依据马金双等的《中国外来入侵植物名录》^[15],选取其中的恶性和严重入侵类(I类)、局部和一般入侵类(II类)、有待观察类和建议排除类(III类)和书中未记录类(IV类)4个等级类型的20种园林植物外来种来检验体系有效性。将评价得分从高到低排列(表2),并计算检验结果的准确率,根据检验结果划分生态风险等级;生态风险等级共划分为ABCDE5级(表3),以各类植物排序中靠最后的植物分数(P)作为风险等级的分数下限^[7,27]。

表2 用于检验体系有效性的20种园林植物外来种评价结果

序号	风险值	植物名	等级类型	序号	风险值	植物名	等级类型
1	76.0	白车轴草	I	11	67.0	柳叶马鞭草	III
2	75.0	凤眼蓝	I	12	66.5	风车草	III
3	75.0	加拿大一枝黄花	I	13	65.0	葱莲	III
4	71.0	马缨丹	I	14	64.0	再力花	III
5	70.5	红车轴草	II	15	60.0	美人蕉	III
6	70.5	大藻	I	16	57.5	紫娇花	IV
7	70.0	粉绿狐尾藻	II	17	57.5	黄花菜	IV
8	69.0	秋英	II	18	57.0	黄金菊	IV
9	69.0	万寿菊	II	19	54.5	百子莲	IV
10	67.5	紫茉莉	II	20	53.0	春羽	IV

表3 滇池北岸园林植物外来种生态风险处理策略

风险值 P 的范围	风险等级	风险处理策略
$P \geq 70.5$	A 级	表明该园林植物外来种的入侵风险极高,严禁再次引种并加强检疫
$67.5 \leq P < 70.5$	B 级	表明该园林植物外来种的入侵风险较高,禁止大规模引进,引进需加强检疫
$60.0 \leq P < 67.5$	C 级	表明该园林植物外来种的入侵风险中等,允许进行引种,加强检疫并做好相应管理措施
$53.0 \leq P < 60.0$	D 级	表明该园林植物外来种的入侵风险较低,允许进行引种,做好管理措施,控制风险上升
$P < 53.0$	E 级	表明该园林植物外来种的入侵风险极低,允许进行引种或无需任何控制

2 结果与分析

2.1 滇池北岸园林湿地园林植物外来种组成

野外调查和资料整理结果表明,滇池北岸园林湿地园林植物外来种共121种,隶属于57科99属。从科的构成来看,园林植物外来种较多为豆科和禾本科(均为8种)、唇形科(7种)、菊科和蔷薇科(均为6种)。由属的构成来看,数量最多的为鼠尾草属(5种),其次为簕竹属(3种);有2个种的属的数量为16个,占总属数的16.16%;仅有1个种的属的数量为80个,占总属数的80.81%。根据生活型统计(图2),滇池北岸园林湿地园林植物外来种以草本植物为主,共47种,占总数的38.84%;乔木有38种,占总数的31.40%;灌木有31种,占总数的25.62%;竹类有4种,占总数的3.31%;藤本有1种,占总数的0.83%。

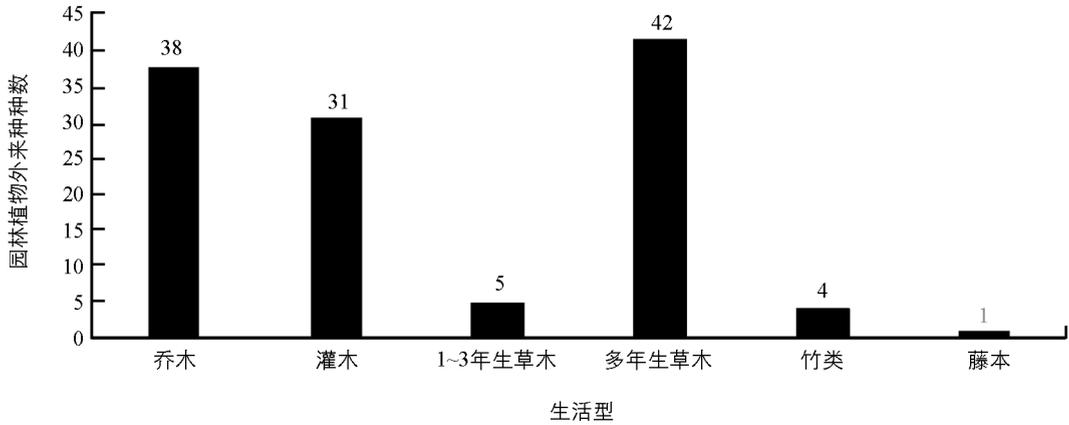


图2 滇池北岸园林湿地园林植物外来种生活型

2.2 滇池北岸园林湿地植物外来种原产地分析

将滇池北岸园林植物外来种(121种)进入到预评价体系中筛选,筛选出适合作为待评价的植物外来种共48种(表4)。统计48种园林植物外来种的原产地,原产于北美洲的植物外来种最多(13种),占总数的27.08%;其次是亚洲(11种),占总数的22.92%;第3的是南美洲(10种)占总数的20.83%;第4的是非洲(8种),占总数的16.67%。有的园林植物外来种还有多个产地,如竹芋科的垂花再力花原产地为非洲、北美洲和南美洲;莎草科的纸莎草原产地为欧洲和亚洲;藤黄科的浆果金丝桃原产地为非洲和欧洲;菊科的大花金鸡菊、马鞭草科的柳叶马鞭草原产地为北美洲和南美洲。

表4 滇池北岸48种园林植物外来种原产地统计

原产地	植物外来种	种数
亚洲	花叶芦竹(<i>Arundo donax</i> var. <i>versicolor</i>)、斑叶芒(<i>Miscanthus sinensis</i> 'Zebrinus')、夹竹桃(<i>Nerium oleander</i>)、美人蕉(<i>Canna indica</i>)、结香(<i>Edgeworthia chrysantha</i>)、月季花(<i>Rosa chinensis</i>)、黄金菊(<i>Euryops pectinatus</i>)、粉花绣线菊(<i>Spiraea japonica</i>)、七姊妹(<i>Rosa multiflora</i> var. <i>carnea</i>)、黄花菜(<i>Hemerocallis citrina</i>)、萱草(<i>Hemerocallis fulva</i>)	11
欧洲	红车轴草(<i>Trifolium pratense</i>)	1
非洲	百子莲(<i>Agapanthus africanus</i>)、木茼蒿(<i>Argyranthemum frutescens</i>)、风车草(<i>Cyperus involucreatus</i>)、紫娇花(<i>Tulbaghia violacea</i>)、天竺葵(<i>Pelargonium hortorum</i>)、南非万寿菊(<i>Osteospermum ecklonis</i>)、雄黄兰(<i>Crococsmia</i> × <i>crococsmii flora</i>)、五星花(<i>Pentas lanceolata</i>)	8
北美洲	蓝花草(<i>Ruellia simplex</i>)、百日菊(<i>Zinnia elegans</i>)、紫茉莉(<i>Mirabilis jalapa</i>)、梭鱼草(<i>Pontederia cordata</i>)、山桃草(<i>Gaura lindheimeri</i>)、再力花(<i>Thalia dealbata</i>)、朱唇(<i>Salvia coccinea</i>)、凤梨鼠尾草(<i>Salvia elegans</i>)、墨西哥鼠尾草(<i>Salvia leucantha</i>)、虾衣花(<i>Justicia brandegeana</i>)、细叶萼距花(<i>Cuphea hyssopifolia</i>)、细叶美女樱(<i>Glandularia tenera</i>)、醉蝶花(<i>Tarenaya hassleriana</i>)	13
南美洲	秋英(<i>Cosmos bipinnatus</i>)、深蓝鼠尾草(<i>Salvia guaranitica</i> 'Black and Blue')、葱莲(<i>Zephyranthes candida</i>)、紫叶象草(<i>Pennisetum purpureum</i> 'Red')、天蓝鼠尾草(<i>Salvia uliginosa</i>)、水金英(<i>Hydrocleys nymphoides</i>)、炮仗花(<i>Pyrostegia venusta</i>)、蒲苇(<i>Cortaderia selloana</i>)、四季海棠(<i>Begonia cucullata</i> var. <i>hookeri</i>)、春羽(<i>Philodendron selloum</i>)	10
北美洲、南美洲	柳叶马鞭草(<i>Verbena bonariensis</i>)、大花金鸡菊(<i>Coreopsis grandiflora</i>)	2
亚洲、欧洲	纸莎草(<i>Cyperus papyrus</i>)	1
非洲、欧洲	浆果金丝桃(<i>Hypericum androsaemum</i>)	1
非洲、北美洲、南美洲	垂花再力花(<i>Thalia geniculata</i>)	1

2.3 滇池北岸园林湿地植物外来种生态风险评价

将 48 种园林植物外来种使用“已存在”状态的“滇池园林湿地植物外来种生态风险评价体系”(表 5)进行评价,得到评价结果(表 6). 48 种园林植物外来种隶属于 27 科 39 属. 以草本植物为主,共 38 种,占总数的 79.17%;灌木有 9 种,占总数的 18.75%;藤本有 1 种,占总数的 2.08%. 在这 48 种园林植物外来种中,风险极高的植物有 2 种,风险较高的植物有 3 种,风险中等的植物有 21 种,风险较低的植物有 20 种,风险极低的植物有 2 种(表 6).

表 5 滇池园林湿地植物外来种生态风险评价体系

一级指标	二级指标	三级指标	赋分标准
1 植物本身特性	1.1 环境适应性	1.1.2 原产地	美洲(3); 欧洲及地中海沿岸(2); 亚洲(1); 其他地区(1)
		1.1.2 全球分布情况	广泛(3); 较广(2); 局部(1); 稀少(0.5)
		1.1.3 主要自然分布区	强(4); 中(2); 弱(1)
	1.2 入侵史	1.2.1 国内入侵史	有(3); 未知(1.5); 无(0)
		1.2.2 国外入侵史	有(3); 未知(1.5); 无(0)
		1.2.3 国内外同属植物入侵史	有(2); 未知(1); 无(0)
	1.3 生物学特性	1.3.1 生活型	草本(3); 灌木, 藤本(1.5); 乔木, 竹类(0.5)
		1.3.2 适宜的生境类型	适宜多数生境类型(3); 适宜少数生境类型(1.5); 仅能适应特定生境类型(0)
		1.3.3 自然条件下的繁殖方式	无性繁殖兼有性繁殖(3); 以无性繁殖为主(1.5); 以有性繁殖为主(1.5)
		1.3.4 自然条件下的无性繁殖能力	较强(4); 一般(2); 缺乏繁殖能力(0)
		1.3.5 自然条件下的平均有性繁殖频率	有性繁殖期长或一年可进行多次有性繁殖(2); 一年进行一次有性繁殖(1); 有性繁殖能力很弱或多年进行一次有性繁殖(0)
		1.3.6 植株单株种子数量	植株单株种子量极多(2); 植株单株种子量较多(1); 植株单株种子量极少(0)
		1.3.7 种子萌发率	种子萌发率 > 60%(2); 种子萌发率 25%~60%(1); 种子萌发率 < 25%(0)
		1.3.8 耐胁迫能力	对多种类型的胁迫具有较强抗逆性(2); 对某些特定类型的胁迫具有较强抗逆性(1); 耐胁迫能力较弱(0)
	1.4 扩散方式及能力	1.4.1 传播扩散方式	风力传播为主或具多种传播方式(3, 4); 自然散落或水流传播或动物携带等方式传播(1.5, 2); 人为采收或翻耕传播(0.5, 1)
		1.4.2 传播扩散能力强弱	种子很轻, 极易传播(3, 4); 种子较轻, 较易传播(1.5, 2); 种子较重, 不易传播(0.5, 1)
		1.4.3 扩散制约因素	有(0, 0.5); 未知(1, 1.5); 无(2, 3)
		1.4.4 扩散分布范围及密度*	距离原种植区域 > 50 m(3); 距离原种植区域 10~50 m(1.5); 距离原种植区域 < 10 m(0.5); 扩散范围不明显(0)

续表5

一级指标	二级指标	三级指标	赋分标准
1.5 潜在危害及影响	1.5.1 生境占领能力	1.5.1 生境占领能力	有较强的萌发能力或无性繁殖能力,如分株能力强、匍匐茎发达等(2);无性繁殖能力一般(1);无无性繁殖能力或无性繁殖能力较弱(0)
		1.5.2 化感作用	有(2);未知(1);无(0)
		1.5.3 自然杂交能力	存在近缘物种且易与其杂交(2);存在近缘物种杂交能力一般(1);不存在近缘种或不能与近缘种自然杂交(0)
		1.5.4 对生态位的竞争	与本地种形成较强烈的竞争(3);与本地物种形成竞争,但易于察觉竞争(1.5);与本地物种基本无竞争(0)
		1.5.5 植物残体是否会对水体造成污染	是(1);未知(0.5);否(0)
		1.5.6 植物是否能富集和释放重金属	是(1);未知(0.5);否(0)
		1.5.7 对航运的影响	影响严重(1);影响一般(0.5);影响小或基本无影响(0)
		1.5.8 对人类健康的影响	植株有毒性或过敏源(2);植株有刺或伴有刺激性气味(1);基本无影响(0.5)
1.6 防控难度	1.6.1 入侵识别难度	1.6.1 入侵识别难度	专业人员也需经实验室鉴定(2);专业人员可现场辨认(1);公众皆知(0)
		1.6.2 监控难度	较高(2);一般(1);较低(0.5)
		1.6.3 防治难度与成本	防治成本较高或防治信息和经验有限(2);有一定的防治信息和经验,防治成本一般(1);有丰富的防治经验,防治成本低(0.5);很容易通过人为手段控制(0)
2 引种地自然环境	2.1 引种地地理概况	2.1.1 引种地用地类型	市民游憩型(3);旅游观光型(2);生态保育型(1)
		2.1.2 引种地及周围地貌类型	平地(1);坡地(0.5);山地(0.5)
	2.2 引种地自然概况	2.2.1 引种地绿地率	绿地率>75%(1);绿地率65%~75%(2);绿地率<65%(3)
		2.2.2 引种地植物种类丰富度	植物外来种普遍并占优势(3);有较多的植物外来种(2);本地植物占优势(1);
3 引种地人类活动	3.1 引种地人类活动概况	3.1.1 引种地区域人口密度	区域人口密度>1 500 人/km ² (3);区域人口密度500~1 500 人/km ² (2);区域人口密度<500 人/km ² (1)
		3.1.2 引种地人流量	公园人流量>5 000 人次/d(3);公园人流量1 000~5 000 人次/d(2);公园人流量<1 000 人次/d(1)
	3.2 引种地交通概括	3.2.1 引种地交通位置	交通枢纽(2);普通地区(1.5);交通较不发达地区(0.5)
		3.2.2 引种地与周边联系程度	高(3);一般(2);低(1)
	3.3 引种方法及管控	3.3.1 引种地植被引种方法	移植(4);播种(2);扦插(1)
		3.3.2 引种地的相关管控	引种植物信息登记不完善或管理措施不到位(5);引种植物信息登记较完善或管理情况一般(3);引种植物信息登记非常完善或管理措施到位(1)

注:带*的指标为“已存在”的园林植物外来种才需进行评价的指标;“1.4 扩散方式及能力”指标下三级指标的“赋分标准”中的两个数字,前者代表“已存在”状态的权重分值,后者代表“未引入”状态的权重分值。

表 6 滇池北岸 48 种园林湿地园林植物外来种入侵风险评价结果

植物名	生活型	风险值	风险等级	植物名	生活型	风险值	风险等级
大花金鸡菊	Ph	72.5	A 级	墨西哥鼠尾草	Ph	60.5	C 级
红车轴草	Ph	70.5	A 级	美人蕉	Ph	60.0	C 级
秋英	Ah	69.0	B 级	四季海棠	Ph	59.5	D 级
花叶芦竹	Ph	67.5	B 级	萱草	Ph	59.5	D 级
紫茉莉	Ah	67.5	B 级	五星花	S	59.0	D 级
柳叶马鞭草	Ph	67.0	C 级	醉蝶花	Ah	58.0	D 级
纸莎草	Ph	66.5	C 级	木荷蒿	S	57.5	D 级
蓝花草	Ph	66.0	C 级	紫娇花	Ph	57.5	D 级
风车草	Ph	65.5	C 级	深蓝鼠尾草	Ph	57.5	D 级
夹竹桃	S	65.5	C 级	黄花菜	Ph	57.5	D 级
山桃草	Ph	65.0	C 级	虾衣花	Ph	57.0	D 级
葱莲	Ph	65.0	C 级	黄金菊	Ph	57.0	D 级
百日菊	Ah	64.0	C 级	凤梨鼠尾草	Ph	56.5	D 级
再力花	Ph	64.0	C 级	细叶萼距花	S	56.0	D 级
蒲苇	Ph	63.0	C 级	雄黄兰	Ph	56.0	D 级
梭鱼草	Ph	63.0	C 级	结香	S	55.5	D 级
水金英	Ph	63.0	C 级	垂花再力花	Ph	55.5	D 级
天蓝鼠尾草	Ph	62.5	C 级	百子莲	Ph	54.5	D 级
朱唇	Ah	61.0	C 级	粉花绣线菊	S	54.5	D 级
斑叶芒	Ph	61.0	C 级	天竺葵	Ph	54.5	D 级
细叶美女樱	Ph	61.0	C 级	浆果金丝桃	S	53.0	D 级
炮仗花	V	60.5	C 级	春羽	Ph	53.0	D 级
南非万寿菊	Ph	60.5	C 级	七姊妹	S	47.0	E 级
紫叶象草	Ph	60.5	C 级	月季花	S	46.0	E 级

注: S 表示灌木; Ah 表示 1,2 年生草本; Ph 表示多年生草本; V 表示藤本。

3 结论与讨论

滇池北岸园林湿地园林植物外来种共计 121 种,经筛选得到的适合作为待评价种有 48 种. 48 种园林植物外来种中,高风险等级植物种有 5 种,这些植物的种子极多且细小,能够随风大力传播,如大花金鸡菊、秋英、花叶芦竹的种子量大且颗粒细小,传播和繁殖能力较强;有些植物有化感作用,如红车轴草、大花金鸡菊和紫茉莉能分泌化感物质抑制其他植物的生长;有些植物有毒,如紫茉莉,其根和种子有毒,会对人体健康产生一定影响;花叶芦竹根系发达,固着力强,能够富集重金属离子,植物残体可能会对水体造成二次污染,对生态系统多样性和稳定性造成一定的危害. 高风险等级的植物所具有的特性与张璞进等^[7]和刘可丹等^[21]的研究结果相似,因其生态风险评价分值较高,故必须加强对高风险等级植物种的监测和管理. 中风险等级的园林植物外来种中再力花、梭鱼草、蒲苇、美人蕉和风车草等为园林湿地中常用的绿化、美化、净化植物,因具有化感作用或适应性强或对生态位竞争激烈等,在生态风险评价中具有较高成为入侵植物的可能性,在湿地园林绿化中不可忽视对此类植物的监测和管理;并且中风险等级的一些植物有毒,会对人体的健康产生不利影响,如夹竹桃. 因此,对于中风险等级的园林植物外来种的监测和管理也不容忽视.

统计所评价的园林湿地园林植物外来种的原产地,以北美洲出现频次最多,亚洲其次,南美洲第 3;所

得结果与闫小玲等^[28]和李国平等^[29]对中国外来入侵植物原产地的统计结果一致。滇池区域属于亚热带地区,与美洲大部分地区处于同一纬度带,气候相似性较高,说明原产美洲的园林植物种在滇池区域具有很强的适应性和逸生的可能性^[29-30],因此,对于以上原产地引种的园林植物外来种需加强对其检测及管理,避免与其他园林植物竞争生境或是出现逸生情况而造成区域生物多样性丧失。

滇池区域年平均气温和海拔分布较适中,能同时满足不同地理分布植物的生长需求,使得该地区生物多样性丰富。另外,滇池区域国际贸易活动交流频繁,园林及园艺植物材料的引入较为盲目,为园林植物外来种提供了更多空间适应可能性以及入侵可能性^[4, 31]。通过构建小尺度的区域生态风险评价体系对园林植物外来种进行生态风险评价,能够为园林植物的引种和对已存在的园林植物外来种的管理和监控提供科学依据,最大限度地减少植物外来种的入侵可能性以及入侵后造成的生态破坏和经济损失,从而达到生物多样性保护的目的。

4 控制对策

4.1 加强对园林植物外来种的认识

人们对园林植物外来种的认识更多地关注了其观赏价值和经济价值,而忽略了其潜在的危害。有关部门需加强对高风险等级植物外来种可能造成的危害的宣传,让人们了解到植物外来种的优劣,更全面地认识植物外来种,并做好监测和防控工作。

4.2 建立引种植物外来种的生态风险评价体系

有关部门可建立网络“植物外来种引种生态风险评价体系”,并划分等级,根据不同等级提出相应的防控措施。园林规划设计者在选用植物时,可通过该评价体系对选取的植物外来种进行生态风险评价,依据生态风险等级考虑是否引种植物外来种进行园林绿化;公园管理人员在养护管理植物外来种时,可以依据植物外来种的生态风险等级进行不同监测和管理。

4.3 加强植物检验检疫

植物外来种存在的潜在风险不仅可能来自其自身的可能逸生性、引种地自然环境与人类活动因素,还可能来自引种过程中植物外来种携带的动物以及微生物病毒等,有关部门需对引种工作加以重视,完善并加强地区植物检验检疫体系,以降低潜在危害物种入侵的可能性。

参考文献:

- [1] 王巧铭,田昆,王学雷,等.高原湿地滇池生态系统健康评估探讨[J].华中师范大学学报(自然科学版),2015,49(2):274-279.
- [2] 马巍,李锦秀,田向荣,等.滇池水污染治理及防治对策研究[J].中国水利水电科学研究院学报,2007,5(1):8-14.
- [3] 姚云辉,马巍,崔松云,等.滇池草海水污染治理工程措施及其防治效果评估[J].中国水利水电科学研究院学报,2019,17(3):161-168.
- [4] 陈云彪,王锦,潘曲波.滇池湖滨湿地公园园林植物地理区系类型及外来种应用研究[J].西南林业大学学报(自然科学),2020,40(6):58-72.
- [5] 章承林,李春民.园林植物引种中生物入侵的途径与防止对策[J].安徽农业科学,2010,38(6):3000-3001,3020.
- [6] 吕国强.园林植物引种与生物入侵进行探讨[J].建材与装饰,2018(8):59.
- [7] 张璞进,赵利清,梁晨霞,等.内蒙古外来植物入侵风险评价[J].生态学杂志,2019,38(7):1973-1981.
- [8] 贾桂康,薛跃规.紫茎泽兰和飞机草在广西的入侵生境植物多样性分析[J].生态环境学报,2011,20(5):819-823.
- [9] ISBELL F, REICH P B, TILMAN D, et al. Nutrient Enrichment, Biodiversity Loss, and Consequent Declines in Ecosystem Productivity[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2013, 110(29):11911-11916.
- [10] FOXCROFT L C, PYŠEK P, RICHARDSON D M, et al. Plant Invasion Science in Protected Areas: Progress and Priorities[J]. Biological Invasions, 2017, 19(5):1353-1378.

- [11] 姚平, 赵付竹, 夏红云. 滇池流域气候特征研究 [J]. 环境科学导刊, 2009, 28(S1): 8-10.
- [12] 张丽平, 徐晓梅, 李跃勋, 等. 滇池北岸昆明主城区污染现状及存在问题分析 [J]. 北方环境, 2011, 23(9): 44-45.
- [13] 李振宇, 解焱. 中国外来入侵种 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [14] 李嵘. 云南湿地外来入侵植物图鉴 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2014.
- [15] 马金双, 李惠茹. 中国外来入侵植物名录 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [16] 王焱, 叶建仁. 引进植物及其携带有害生物风险评估 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2017.
- [17] 彭宗波, 蒋英, 蒋菊生. 海南岛外来植物入侵风险评价指标体系 [J]. 生态学杂志, 2013, 32(8): 2029-2034.
- [18] 欧健, 卢昌义. 厦门市外来物种入侵现状及其风险评估指标体系 [J]. 生态学杂志, 2006, 25(10): 1240-1244.
- [19] 郑美林, 曹伟. 中国东北地区外来入侵植物的风险评估 [J]. 中国科学院大学学报, 2013, 30(5): 651-656.
- [20] 刘蕴哲. 长沙市三大城市湿地公园外来植物调查及其入侵风险研究 [D]. 长沙: 湖南师范大学, 2019.
- [21] 刘可丹, 覃丽婷, 罗欢, 等. 南宁市市区园林绿地系统外来入侵植物风险评估 [J]. 广西林业科学, 2020, 49(1): 105-112.
- [22] 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.
- [23] MOOL CHAND SINGH, MADHU B. PRIYADARSHI. Predicting Invasive Plants Using Weed Risk Assessment [J]. Indian Journal of Weed Science, 2014, 46(1): 91-95.
- [24] GORDON D R, GANTZ C A, JERDE C L, et al. Weed Risk Assessment for Aquatic Plants: Modification of a New Zealand System for the United States [J]. PLoS One, 2012, 7(7): e40031-1-e40031-8.
- [25] 杨小艳, 邓洪平, 郭金, 等. 缙云山国家级自然保护区入侵植物风险评估及防控对策研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(7): 57-63.
- [26] 顾慧. 华东地区外来引种陆生植物入侵风险评估体系的构建 [D]. 南京: 南京林业大学, 2014.
- [27] 陆琴燕, 刘永, 李纯厚, 等. 外来植物入侵红树林生态系统风险评估体系的构建及应用 [J]. 广东农业科学, 2013, 40(10): 171-175.
- [28] 闫小玲, 寿海洋, 马金双. 中国外来入侵植物研究现状及存在的问题 [J]. 植物分类与资源学报, 2012, 34(3): 287-313.
- [29] 李国平, 林盛, 张剑, 等. 武夷山市入侵植物的调查与分析 [J]. 热带作物学报, 2014, 35(4): 794-800.
- [30] 罗文, 何澍然, 周平, 等. 云南昆明地区常见农田杂草种类组成与原产地研究 [J]. 杂草学报, 2016, 34(1): 36-42.
- [31] 张雪, 申仕康, 吴富勤, 等. 滇池湖滨带种子植物物种组成与地理成分分析 [J]. 生态学杂志, 2017, 36(2): 359-366.

责任编辑 潘春燕