上海城市森林林下外来入侵植物分布特征*

张文文[1,4]　张佳佳[2,3]

1　上海市林业总站　上海　200072
2　黔西南州南盘江国有林场　贵州兴义　562400
3　上海辰山植物园　上海　201602
4　国家林业和草原局上海城市生态系统定位观测研究站　上海　200072

摘要：【目的】阐明上海城市森林林下外来入侵植物种类及分布格局，促进森林健康发展。【方法】于 2022 年 6—9 月在上海市 122 块林地共设置 610 个草本样方，对上海城市森林草本植物群落进行调查，分析林下外来入侵植物分布特征。【结果】上海城市森林林下共有草本植物 51 科 127 属 179 种，其中外来入侵植物 43 种，占总物种数的 24.02%，本土植物 136 种，占总物种数的 75.98%；上海城市森林外来入侵植物的入侵程度总体较高，大部分区域林下入侵程度超 60%；林下发生频率和重要值最高的外来入侵植物为加拿大一枝黄花、春飞蓬、苏门白酒草和空心莲子草，在群落中占优势，对资源的竞争能力强；入侵优势区域为崇明岛、长兴岛、宝山区、嘉定区、金山区、奉贤南部和浦东新区北部，主要为城市远郊区。【结论】上海城市森林外来入侵植物的入侵程度总体较高。今后应根据危害程度明确防控对象、选取适宜树种营造多树种多层次林分结构，以及利用割草与翻耕多措并举等方式对外来入侵植物进行针对性防控。

关键词：城市森林；草本群落；外来入侵植物；生物多样性；防控对策
DOI：10.12169/zgcsly.2024.08.15.0001

Distribution Characteristics of Invasive Alien Plants under Urban Forest in Shanghai

Zhang Wenwen[1,4]　Zhang Jiajia[2,3]

(1. Shanghai Forestry Station, Shanghai 200072, China; 2. Nanpanjiang State-owned Forest Farm, Qiannan Prefecture, Xingyi 562400, Guizhou, China; 3. Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai 201602, China; 4. Shanghai Urban Ecosystem Research Station of National Forestry and Grassland Administration, Shanghai 200072, China)

Abstract: 【Objective】 To clarify the species and distribution pattern of invasive alien plants under urban forest in Shanghai, and to promote the healthy development of forest. 【Method】 A total of 610 herbaceous plots were selected from 122 woodlands in Shanghai from June to September 2022, to investigate and analyze the herbaceous communities in Shanghai's urban forests. 【Result】 There are 179 species of herbaceous plants in the urban forest ecosystem in Shanghai, belonging to 127 genera in 51 families. Among them, 43 species are invasive alien plants, accounting for 24.02% of the total species, and 136 species are native plants, accounting for 75.98%. The alien plants in Shanghai urban forest have generally high degree of invasion, and the majority of woodland has more than 60% of the area invaded. *Solidago canadensis*, *Erigeron philadelphicus*, *E. sumatrensis* and *Alternanthera philoxeroides* are the plants

收稿日期：2024-08-15
* 基金项目：上海市绿化和市容管理局科学技术项目（G231208）
第一作者/通信作者：张文文（1990- ），女，硕士，工程师，研究方向为森林生态定位监测与评价。E-mail：zhangwenwen@linye.sh.cn

with the highest frequency and importance value in terms of invasion, which dominate plant communities with a strong competition for resources. Chongming Island, Changxing Island, Baoshan District, Jiading District, Jinshan District, southern Fengxian and northern Pudong New Area, mostly in the outer suburbs of the city, are where the most invasions occur.【Conclusion】 The invasion degree of alien plants in Shanghai urban forest is generally high. In the future, it is necessary to identify the plant for which the prevention and control measures should be taken according to the degree of harm, select suitable tree species to create a multi-species and multi-layer stand structure, and adopt multiple targeted options such as mowing and ploughing to prevent and control invasive alien plants.

Keywords: urban forest; herbaceous communities; alien invasive plants; biodiversity; countermeasures

城市森林是城市环境最重要的生态基底，在净化大气环境、休闲游憩、生物多样性保护等方面发挥着关键作用[1]，有助于提高城市宜居性和可持续性[2]。随着城市化的加快，越来越多的城市基础设施取代城市植被，生境破碎加速和植被退化改变了植被组成和结构，森林呈现高度破碎化、孤岛化和同质化[3-4]，本地物种生境质量持续下降，极易遭受外来种入侵[5]。目前国内外有关城市森林中草本植物入侵对城市森林林下植被影响的研究相对较少，Trammell 等[6]对美国东海岸我两个城市的森林研究发现，城市小森林斑块下层植被中 95%为外来入侵种，对森林更新构成威胁，甚至可能影响森林的持久性。草本植物生命周期短、可塑性强，能在个体形态和生理、物种组成、群落结构及功能特征等方面对环境变迁做出快速响应，更易侵入到新的生境[7-8]。

上海在国内城市森林中较早开展近自然林研究实践且已取得重要成就[9]。但上海 99%以上的森林资源为人工林，呈现破碎化、树种组成相对简单且林分年轻等特点，且受人类活动影响强烈，呈现出极强的次生性[10]，极易受外来入侵植物干扰。目前关于上海维管植物的本底资料显示，上海现有野生及逸生植物 1 238 种，其中外来入侵植物 83 种，入侵植物种类仍在稳定增加[11]。这些研究多关注上海入侵种本底资料调查[12-13]，鲜有对本市林下入侵植物分布格局和危害现状的分析。因此，开展本市林下草本入侵植物研究对弄清超大城市森林入侵现状，合理制定森林经营管理措施，保护和恢复本土植物多样性，促进森林健康发展具有重要意义。

1　研究区概况

上海（30°40′—31°53′N，120°52′—122°12′E）位于中国东部沿海，属北亚热带海洋性季风气候，土地总面积 6 340.5 km^2，除西南部有少数丘陵山脉外，整体地势低平，地带性植被为含有落叶成分的常绿阔叶林。上海经济发达、人口密集、土地短缺，是大陆地区城市化率最高（89.33%）的城市。全市下辖 16 个区，郊区包括闵行区、宝山区、嘉定区、金山区、松江区、青浦区、奉贤区、崇明区及浦东新区外环线以外地区，城市林地主要分布于郊区。

2　研究方法

2.1　样地设置与调查

采用随机抽样方法确定调查样地，样地分布于郊区林地，均为人工林。中心城区的林地管理较精细，林下多为栽培灌木或单一地被植物，野生草本植物种类和盖度均较低，中心城区样地内林下野生草本植物仅 30 种，总盖度低于 30%，外来入侵植物仅记录到阿拉伯婆婆纳和春飞蓬，两者盖度均只有 1.2%；中心城区的外来入侵植物多分布于绿化带周围、草坪或城中荒地等开阔地带，种类较多但种群面积小，多数物种难以维持，因此本研究未涉及中心城区。为保证数据可靠性，所选林分上层郁闭度均控制在 0.6～0.85。2022 年 6—9 月在所选林分中共设置 122 个 20 m×20 m 的样地，在每个样地的四角和中心各设置 1 个1 m×1 m 的草本样方，合计 610 个，记录草本植物的种类、株数、盖度和高度，采用手持 GPS（TerraZBnc）记录各样地经纬度、海拔和上层林分组成（图 1）。

2.2　数据处理与分析

1）林下物种统计。使用 Excel 软件整理所调查的植物信息，参考《中国生物物种名录》（www.

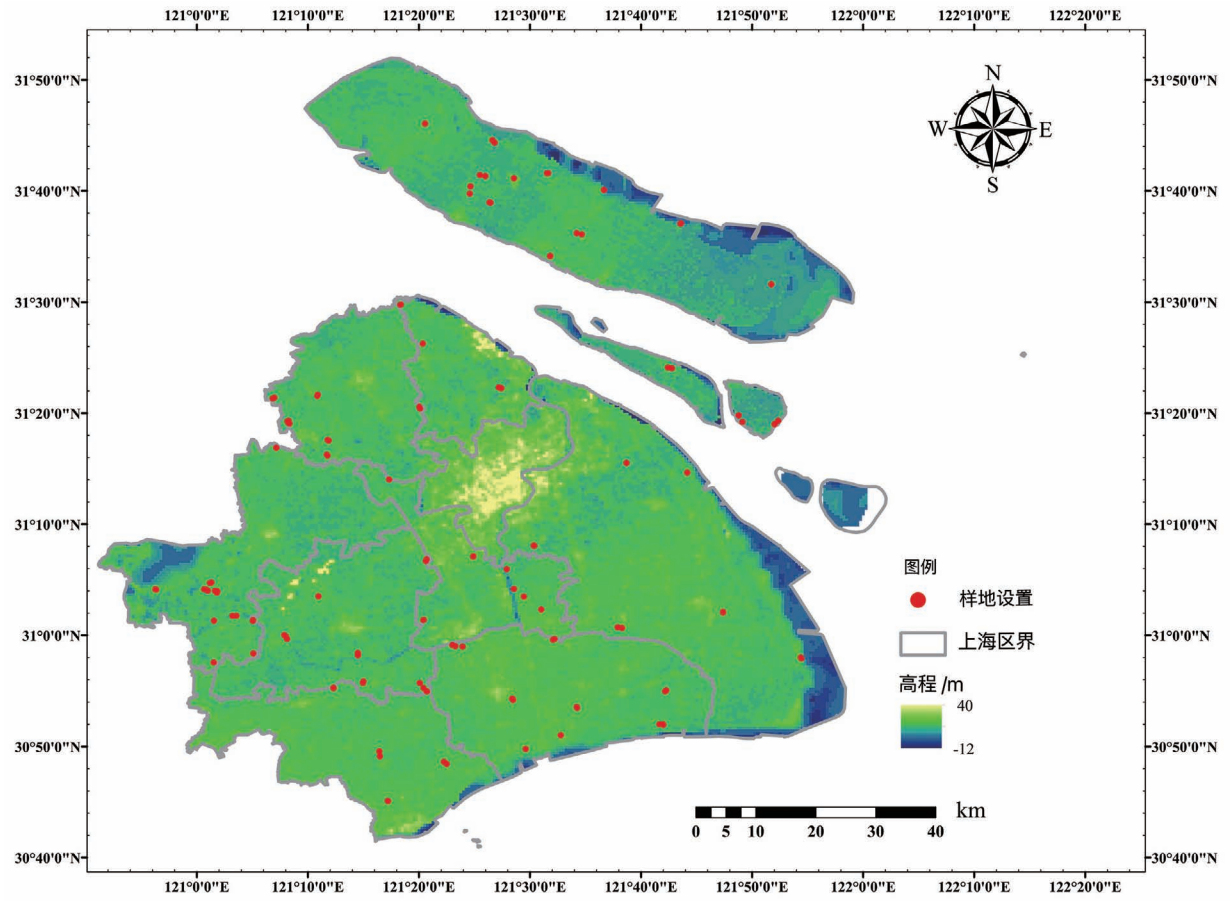


图 1 上海城市森林调查样地分布

sp2000.org.cn）、《中国外来入侵植物名录》[14] 和 *The Checklist of Chinese Naturalized Plants in China*[15] 等对植物进行鉴定与分类。

2）草本植物相关指标计算。选择物种的相对丰度、相对频度、相对盖度和重要值作为优势度指标衡量草本植物的优势度[16]。

3）林下外来入侵植物分布格局可视化。将入侵程度划分为 3 个等级：轻微入侵（外来入侵植物的相对丰度为 0～0.4）、中度入侵（外来入侵植物的相对丰度为 0.4～0.7）、高度入侵（外来入侵植物的相对丰度为 0.7～1）[17]。利用 Arcgis 10.2 采用反距离权重法将外来入侵植物的相对丰度分类显示在地图中，使分布格局与入侵程度可视化。

3 结果与分析

3.1 林下草本植物的物种组成

本研究共记录到草本植物 51 科 127 属 179 种，其中外来入侵植物 43 种，占总物种数的 24.02%，本土植物 136 种，占总物种数的 75.98%。物种数≥10 种（多种科）的有菊科、禾本科和豆科，含 51 属 67 种，分别占总属数和总种数的 40.16% 和 37.43%，其中菊科有 20 属 31 种，是上海城市森林林下草本植物的主要优势科；含 5～9 种（中等科）的有唇形科、大戟科、蓼科、车前科、毛茛科、莎草科和苋科 7 个科，共 41 种，占总种数的 22.91%；含 2～4 种（寡种科）的有堇菜科、景天科等 17 科（47 种，占总种数 26.26%）；单种科的有 24 科 24 种，占总种数的 13.41%（表 1）。

表 1 上海城市森林林下草本植物组成

类别	科	属	种
多种科（≥10 种）	3	51	67
中等科（5～9 种）	7	20	41
寡种科（2～4 种）	17	32	47
单种科（1 种）	24	24	24
合计	51	127	179

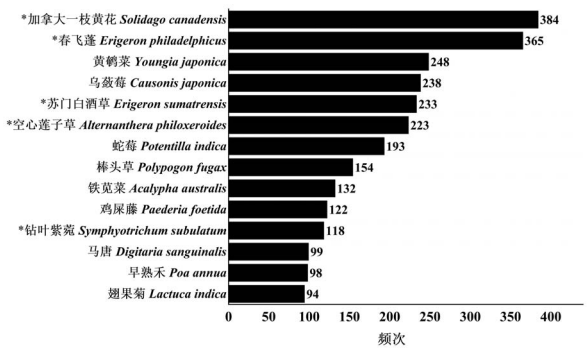
对林下草本层外来入侵植物的统计结果（表2）显示，上海城市森林林下外来入侵植物共 18 科 34 属 43 种。物种数≥10 种的仅有菊科，含 10 属 15 种，分别占外来入侵植物总属数和总种数的 29.41%和 34.88%；含 5~9 种的科仅有豆科，共 4 属 5 种；含 2~4 种的有车前科、禾本科、大戟科、苋科、旋花科和石竹科 6 个科，共 10 属 13 种，分别占外来入侵植物总属数和总种数的 29.41%和 30.23%；单种科有毛茛科等 10 科 10 种，仅占外来入侵植物总种数 23.26%。

表 2　上海城市森林林下草本层外来入侵植物科属种的组成

类别	物种名	科名	属名	原产地	生活型
多种科(≥10 种)	大狼杷草 *Bidens frondosa*	菊科	鬼针草属	北美洲	一年生草本
	白花鬼针草 *Bidens pilosa*	菊科	鬼针草属	南北美洲	一年生草本
	两色金鸡菊 *Coreopsis tinctoria*	菊科	金鸡菊属	北美洲	一年生草本
	黄秋英 *Cosmos sulphureus*	菊科	秋英属	北美洲	一年生草本
	一年蓬 *Erigeron annuus*	菊科	飞蓬属	北美洲	一或二年生草本
	香丝草 *Erigeron bonariensis*	菊科	飞蓬属	南美洲	一或二年生草本
	小蓬草 *Erigeron canadensis*	菊科	飞蓬属	南北美洲	一年生草本
	春飞蓬 *Erigeron philadelphicus*	菊科	飞蓬属	北美洲	一或二年生草本
	苏门白酒草 *Erigeron sumatrensis*	菊科	飞蓬属	南美洲	一或二年生草本
	匙叶合冠鼠曲草 *Gamochaeta pensylvanica*	菊科	合冠鼠曲属	南美洲	一年生草本
	加拿大一枝黄花 *Solidago canadensis*	菊科	一枝黄花属	北美洲	多年生草本
	续断菊 *Sonchus asper*	菊科	苦苣菜属	地中海地区	一年生草本
	钻叶紫菀 *Symphyotrichum subulatum*	菊科	联毛紫菀属	南北美洲	一年生草本
	药用蒲公英 *Taraxacum campylodes*	菊科	蒲公英属	地中海地区	多年生草本
	北美苍耳 *Xanthium chinense*	菊科	苍耳属	北美洲	一年生草本
中等科(5~9 种)	南苜蓿 *Medicago polymorpha*	豆科	苜蓿属	地中海地区	一或二年生草本
	草木樨 *Melilotus officinalis*	豆科	草木樨属	欧洲	一或二年生草本
	田菁 *Sesbania cannabina*	豆科	田菁属	大洋洲	一年生草本
	白车轴草 *Trifolium repens*	豆科	车轴草属	地中海地区	多年生草本
	红车轴草 *Trifolium pratense*	豆科	车轴草属	地中海地区	多年生草本
寡种科(2~4 种)	直立婆婆纳 *Veronica arvensis*	车前科	婆婆纳属	欧洲	一年生草本
	阿拉伯婆婆纳 *Veronica persica*	车前科	婆婆纳属	欧洲、西亚	一或二年生草本
	北美车前 *Plantago virginica*	车前科	车前属	北美洲	一或二年生草本
	斑地锦 *Euphorbia maculata*	大戟科	大戟属	北美洲	一年生草本
	匍匐大戟 *Euphorbia prostrata*	大戟科	大戟属	热带美洲	一年生草本
	双穗雀稗 *Paspalum distichum*	禾本科	雀稗属	南北美洲	多年生草本
	野燕麦 *Avena fatua*	禾本科	燕麦属	欧洲、西亚	一年生草本
	球序卷耳 *Cerastium glomeratum*	石竹科	卷耳属	地中海地区	一年生草本
	无瓣繁缕 *Stellaria pallida*	石竹科	雀舌草属	欧洲	一或二年生草本
	凹头苋 *Amaranthus blitum*	苋科	苋属	地中海地区	一年生草本
	空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides*	苋科	莲子草属	南美洲	多年生草本
	牵牛 *Ipomoea nil*	旋花科	番薯属	南北美洲	一年生草质藤本
	三裂叶薯 *Ipomoea triloba*	旋花科	番薯属	热带美洲	一年生草质藤本
单种科	苘麻 *Abutilon theophrasti*	锦葵科	苘麻属	非洲	一年生草本
	美丽月见草 *Oenothera speciosa*	柳叶菜科	月见草属	北美洲	多年生草本
	野老鹳草 *Geranium carolinianum*	牻牛儿苗科	老鹳草属	北美洲	一年生草本
	刺果毛茛 *Ranunculus muricatus*	毛茛科	毛茛属	地中海地区	一年生草本
	野胡萝卜 *Daucus carota*	伞形科	胡萝卜属	欧洲	二年生草本
	垂序商陆 *Phytolacca americana*	商陆科	商陆属	北美洲	多年生草本
	臭荠 *Lepidium didymum*	十字花科	独行菜属	南美洲	一或二年生草本
	葱兰 *Zephyranthes candida*	石蒜科	葱莲属	南美洲	多年生草本
	南美天胡荽 *Hydrocotyle verticillata*	五加科	天胡荽属	热带美洲	多年生草本
	关节酢浆草 *Oxalis articulata*	酢浆草科	酢浆草属	南美洲	多年生草本

3.2 林下草本植物的发生频次与入侵情况

由图 2 可知，发生频次较高的前 6 种草本植物分别为加拿大一枝黄花（384 次）、春飞蓬（365 次）、黄鹌菜（248 次）、乌敛莓（238 次）、苏门白酒草（233 次）和空心莲子草（223 次），上述物种为上海城市森林中分布范围较大、最为常见的植物。上海城市森林中发生频次≥90 的 14 种草本植物中有 5 种为外来入侵植物，即加拿大一枝黄花、春飞蓬、苏门白酒草、空心莲子草和钻叶紫菀。其中加拿大一枝黄花和春飞蓬的发生频次占据榜首前二。而本土植物黄鹌菜、蛇莓等发生频次依次减少，在局部区域有时也占据优势；其他种发生频次则较低，多为伴生种。



注：“*”代表外来入侵植物，下同。

图 2 上海城市森林林下发生频次≥90 次的草本植物排序

所有 610 个调查样方中，存在入侵植物的样方有 606 个，入侵发生样方占比高达 99.3%，其中由单一外来入侵植物入侵的样方共 263 个。出现频次最高的外来入侵植物是加拿大一枝黄花，其次为春飞蓬、苏门白酒草和空心莲子草，这 4 个物种为上海城市森林中分布面积最广、对林下草本植物群落影响最大的外来入侵植物（图 3）。其他入侵植物如钻叶紫菀、白车轴草、一年蓬和小蓬草等发生频次依次降低，但在局部区域发生面积较大，仍占主导地位；三裂叶薯、野老鹳草、匍匐大戟和球序卷耳等矮小草本的发生频次较低，在群落中处于从属地位，多为伴生种（图 4）。

3.3 林下外来入侵植物重要值

入侵物种的优势度（重要值）可反映其在群落中侵占本土植物生存空间和资源的程度。图 5 所示为上海林下草本植物中重要值较高的前 20 个种，其中苏门白酒草、加拿大一枝黄花和空心莲子草的重要值最高，在群落中占优势，对资源的



注：a 加拿大一枝黄花（松江区）；b 春飞蓬（金山区）；c 苏门白酒草（奉贤区）；d 空心莲子草（青浦区）。

图 3 上海城市森林林下出现频次最高的外来入侵植物

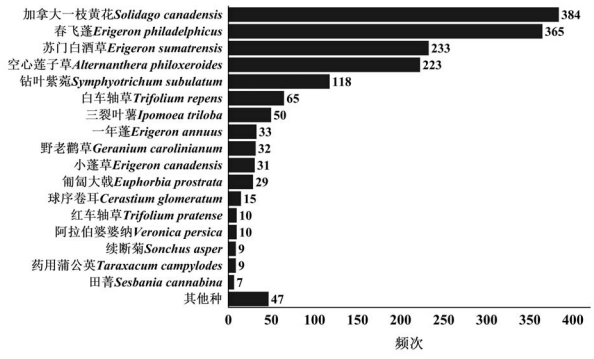


图 4 上海城市森林林下外来入侵草本植物发生频次排序

竞争能力强，之后依次为白车轴草、春飞蓬、马唐、一年蓬、棒头草、钻叶紫菀和鸡屎藤等，且仅马唐、棒头草和鸡屎藤为本土植物，说明外来入侵植物在上海林下草本植物群落中优势较大，本土植物的竞争能力较弱。蛇莓、野老鹳草、铁苋菜等低矮草本的重要值较低，在群落中处于劣势。

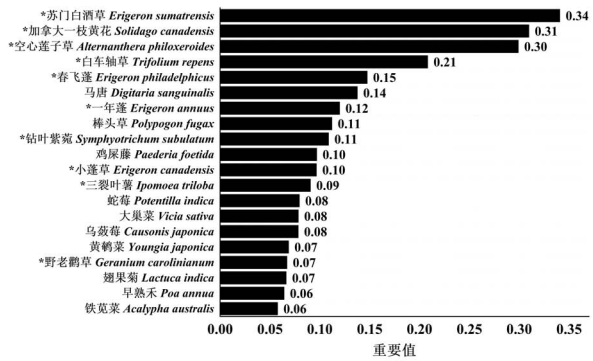


图 5 上海城市森林林下主要草本植物重要值排序

3.4 林下外来入侵植物的空间分布格局

根据上海城市森林外来入侵植物的发生特征，

对林下所有外来入侵植物、主要外来入侵植物（加拿大一枝黄花、春飞蓬、空心莲子草和苏门白酒草）及其他外来入侵植物的分布情况进行可视化分析。结果表明：上海城市森林外来入侵植物的入侵程度总体较高，入侵优势区域为崇明岛、长兴岛、宝山区、嘉定区、金山区、奉贤南部和浦东新区北部，主要为远郊地区（图 6a）。加拿大一枝黄花的入侵程度大多处于中度入侵及以上，在少部分区域形成高度入侵并占据优势地位（图 6b）；空心莲子草的入侵程度多为中度入侵，在金山、奉贤和长兴岛的少部分区域为高度入侵（图 6c）；苏门白酒草（图 6d）和春飞蓬（图 6e）处于轻微至中度入侵程度，前者在崇明、金山和青浦等远郊地区为高度入侵；其他外来入侵植物在一定程度上也影响了上海城市森林林下草本植物多样性，在嘉定、宝山、浦东新区北部和崇明岛中部达到中度入侵程度（图 6f）。

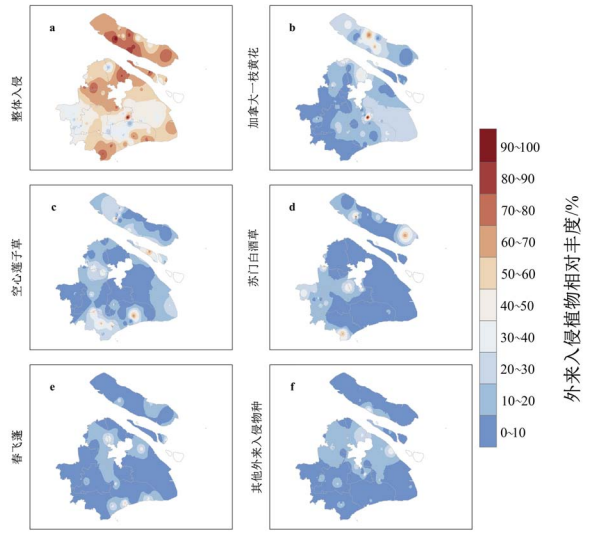


图 6　上海城市森林林下外来入侵植物空间分布格局

4　讨论

4.1　上海城市森林林下草本植物的组成特征

上海城市森林林下共有草本植物 51 科 127 属 179 种，其中外来入侵植物 18 科 34 属 43 种，占总物种数的 24.02%。在物种组成上与前人调查结果相似[18]，以菊科、禾本科和豆科为主，且无论是林下所有草本植物还是外来入侵植物，菊科的优势度均最明显，其次为豆科。寡种科和单种科的比例较高，说明本地草本植物种系分化程度低，可能和上海辖域面积小、城乡梯度差异小、森林生境相似有关[19]。菊科植物因其种子小、数量多、易于传播等特性在国内广泛分布，因此成为上海乃至全国外来入侵植物中的第一大科。豆科植物由于栽培较广泛且具备固氮能力，通过自身营养累积容易获得资源上的优势。

4.2　上海城市森林外来入侵植物的分布现状

本次调查发现，上海城市森林中发生频次最高的外来入侵植物是加拿大一枝黄花，其次为春飞蓬、苏门白酒草和空心莲子草，林下入侵植物中加拿大一枝黄花和苏门白酒草单优势种较明显，这与前人的研究结果相似但也有不同：影响上海城市森林的主要入侵植物是春飞蓬、空心莲子草、加拿大一枝黄花和一年蓬等，发生频率最高的为春飞蓬，优势度最高的为空心莲子草和加拿大一枝黄花[19-20]。本研究发现一年蓬的发生频次仅 22 次，但重要值为 0.12，说明该种在上海林地并不常见，只在少数区域有分布且占优势；重要值最高的为苏门白酒草（0.34）和加拿大一枝黄花（0.31），而后为空心莲子草（0.30）、白车轴草（0.21）、春飞蓬（0.15）和本土种马唐（0.14）。这可能与调查范围有关，本研究对全市主要林地均进行了调查。

上海城市森林林下外来入侵植物总体入侵程度较高，入侵优势区域主要为远郊地区，其中加拿大一枝黄花的入侵危害最严重，入侵程度大多处于中度入侵及以上。有研究表明，上海林下草本群落的物种丰富度和多样性指数沿中心城区—近郊—远郊梯度先下降后上升，外来物种的比例则沿远郊—近郊—中心城区的梯度逐渐增加[19]，但并未对主要入侵物种的分布与危害情况进行分析。本研究亦发现远郊的群落多样性较高，但入侵植物的发生范围与发生密度也较高，这与植物本身生物学特性、人类活动和林地管理的差异性等综合因素有关。中心城区人口密度大、管理精细，外来物种多有逸生但难以维持，同时本土野生草本植物也多被栽培植物替代；远郊地区的人工林由于土地利用率低且管理较粗放，因此草本群落多样性比中心城区高，但遭受的入侵危害也更严重。

4.3　上海城市森林外来入侵植物的防控建议

大量研究表明，外来植物入侵会对本地植物

群落产生负面影响，主要表现为降低群落的物种多样性，而人为干扰则会促进外来物种的建立和入侵[20]。对人工林而言，林下抚育管理压力对入侵程度的影响大于不同森林类型，且林冠郁闭度和距离市中心远近是影响上海林下外来入侵成功的主要因素[21]。如崇明岛人工林林分郁闭度越大加拿大一枝黄花的入侵程度越小，上层林分密度显著影响其入侵性[22]。上海林下植物以草本为主，多数上层林分的更新幼苗对草本层起不到抑制作用[18]。结合本研究的调查与分析结果，针对上海城市森林林下外来入侵植物的防控提出以下建议：

1）根据危害程度明确防控对象，不同区域精准施策。例如针对加拿大一枝黄花、春飞蓬、苏门白酒草和空心莲子草这 4 种上海城市森林林下危害最严重的入侵植物，应根据不同物种的生物学和生态学特征及在不同区域的入侵程度制定防控措施。

2）选取适宜树种，营造多树种多层次的林分结构。选择在当地生长良好并能较快郁闭的乔木树种进行造林，同时在林下补植和保护适当比例的下层林（小乔木）和灌木，以降低森林的可入侵性。

3）适当割草与翻耕多措并举，视不同入侵程度采取更准确的管理措施。频繁的林地割草会增加对群落的干扰程度，伤害更新层幼树幼苗，易造成林下不耐压力的物种逐渐消失[23]，为外来入侵植物创造新生态位而加快入侵过程，导致林下植物组成的相似性增加。割草频率和力度应视入侵程度不同而不同，在高度入侵的群落中建议进行较高频率的割草，以控制具绝对优势的入侵植物；同时加强森林经营，增加本地植物种植，恢复和改善林下灌木和草本群落，应用经营力和自然力协同提高森林质量；对于轻微入侵的群落，建议降低割草频率或不割，为本地优势种、林下更新层提供更多生长机会，保持群落生物多样性和稳定性，促进入侵与本土的动态平衡。此外，针对加拿大一枝黄花和空心莲子草等无性繁殖能力强的多年生草本，以割草为主的防控措施可能间接促进其产生新的分株而进一步扩散，应注重割草与翻耕相结合，将地下根茎挖除并及时处理。

5 结论

上海城市森林林下共有草本植物 51 科 127 属 179 种，其中外来入侵植物 18 科 34 属 43 种，占物种总数的 24.02%。上海城市森林外来入侵植物的入侵程度总体较高，大部分区域林下入侵程度超 60%。林下发生频率和重要值最高的外来入侵植物为加拿大一枝黄花、春飞蓬、苏门白酒草和空心莲子草，在群落中占优势。入侵优势区域为崇明岛、长兴岛、宝山区、嘉定区、金山区、奉贤南部和浦东新区北部，为远郊地区。建议今后上海在森林经营过程中，根据危害程度明确防控对象、营造多树种多层次林分结构以及利用割草与翻耕多措并举等方式对外来入侵植物进行针对性防控。

参考文献

[1]高翔伟,戴咏梅,韩玉洁,等.上海市森林生态连清体系监测布局与网络建设研究[M].北京:中国林业出版社,2016.

[2]KONIJNENDIJK C C.A decade of urban forestry in Europe[J].Forest Policy and Economics,2003,5(2):173-186.

[3]GARVEY S M,TEMPLER P H,PIERCE E A,et al.Diverging patterns at the forest edge:soil respiration dynamics of fragmented forests in urban and rural areas[J].Global Change Biology,2022,28(9):3094-3109.

[4]王鹏,樊宝敏,何友均,等.作为绿色基础设施的城市森林概念与问题分析[J].世界林业研究,2018,31(2):88-92.

[5]LABATORE A C,SPIERING D J,POTTS D L,et al.Canopy trees in an urban landscape-viable forests or long-lived gardens? [J].Urban Ecosystems,2017,20(2):393-401.

[6]TRAMMELL T L E,D'AMICO V,AVOLIO M L,et al.Temperate deciduous forests embedded across developed landscapes:Younger forests harbour invasive plants and urban forests maintain native plants[J].Journal of Ecology,2020,108(6):2366-2375.

[7]GAO Z W,SONG K,PAN Y J,et al.Drivers of spontaneous plant richness patterns in urban green space within a biodiversity hotspot[J].Urban Forestry & Urban Greening,2021,61:127098.

[8]蔡北溟,陈晓双,达良俊,等.上海市环城绿带建成初期林下自然草本植物多样性格局及其成因[J].华东师范大学学报(自然科学版),2012(6):13-20.

[9]达良俊,许东新.上海城市"近自然森林"建设的尝试[J].中国城市林业,2003,1(2):17-20.

[10]张凯旋,车生泉,马少初,等.城市化进程中上海植被的多样性、空间格局和动态响应(Ⅵ):上海外环林带群落多样性与结构特征[J].华东师范大学学报(自然科学版),2011(4):1-

14,74.

[11]杜诚,汪远,闫小玲,等.上海市植物物种多样性组成和历史变化暨上海维管植物名录更新(2022 版)[J].生物多样性,2023,31(6):10-18.

[12]汪远,李惠茹,马金双.上海外来植物及其入侵等级划分[J].植物分类与资源学报,2015,37(2):185-202.

[13]张晴柔,蒋赏,鞠瑞亭,等.上海市外来入侵物种[J].生物多样性,2013,21(6):732-737.

[14]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.

[15]YAN X L, WANG Z H, MA J S. The checklist of chinese naturalized plants in China[M]. Shanghai: Shanghai scientific and technical publishers,2019.

[16]方精云,王襄平,沈泽昊,等.植物群落清查的主要内容、方法和技术规范[J].生物多样性,2009,17(6):533-548.

[17]WANG C Y, CHENG H Y, WU B D, et al. The functional diversity of native ecosystems increases during the major invasion by the invasive alien species, *Conyza canadensis*[J]. Ecological Engineering,2021,159:106093.

[18]韩玉洁.上海城市森林林下植被群落特征及多样性研究[J].华东森林经理,2020,34(3):22-26.

[19]徐珊珊,严靖,彭志,等.上海城市森林草本植物多样性的城乡分布格局[J].生态学杂志,2022,41(1):25-32.

[20]DEL ROSARIO LONARDI M, SILVOSO M C, GRAFF P. Assessing nutrient enrichment and grazing rest effects on grass establishment: implications for exotic and native species[J]. Plant Ecology,2024,225(2):107-116.

[21]XU S S, ZHAO Y H, YAN J, et al. Light availability and anthropogenic stress shape plant understory invasions in understory of urban forests: a case study in Shanghai[J]. Biological Invasions,2023,25(10):3223-3236.

[22]马宏燏,王宏伟,张庆费,等.上海崇明岛人工林群落对加拿大一枝黄花入侵的影响[J].生态与农村环境学报,2019,35(6):756-763.

[23]XU W B, SVENNING J C, CHEN G K, et al. Human activities have opposing effects on distributions of narrow-ranged and widespread plant species in China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2019,116(52):26674-26681.