

文章编号: 1000-5641(2019)02-0128-07

南京中山植物园外来入侵植物分布特征 及其入侵途径

殷茜, 汪洪江, 刘兴剑

(江苏省中国科学院植物研究所, 南京中山植物园, 南京 210014)

摘要: 为了了解南京中山植物园中外来入侵植物的状况, 采用线路调查和样方调查的方法, 对外来入侵植物的种类、原产地、生活型、频度、危害度等进行调查. 结果显示, 南京中山植物园共有外来入侵植物 65 种, 其中菊科植物最多, 占总数的 32.31%, 其次是禾本科, 占总数的 9.23%; 构成严重危害的有 7 种, 原产地为美洲的入侵植物最多, 共有 44 种, 并且以一年生草本为主 (46.15%), 荒地和管理粗放的草地是最容易遭到入侵的生境类型, 部分入侵植物的引入与植物园引种活动具有相关性.

关键词: 外来入侵植物; 危害; 南京中山植物园; 引种

中图分类号: Q948.5 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1000-5641.2019.02.014

An investigation of the invasive plants in Nanjing Botanical Garden Memorial Sun Yat-Sen

YIN Qian, WANG Hong-jiang, LIU Xing-jian

(*Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences/Nanjing
Botanical Garden Memorial Sun Yat-Sen, Nanjing 210014, China*)

Abstract: In order to understand the status of invasive plants in Nanjing Botanical Garden Memorial Sun Yat-Sen, the species, origin, life form, frequency and damage of alien invasive plants were surveyed through routing and sampling. The results showed that there were 65 invasive plants in the botanical garden area; Compositae constituted the largest proportion, accounting for 32.31% of the total, followed by graminaceous plants, accounting for 9.23% of the total. Among the invasive plants, 7 species have caused serious harm, 44 species were introduced from America (the largest point of origin), and most were annual herbs (46.15%). Wasteland and meadows under poor management are the most vulnerable habitat types. The invasion of some species has correlation with the introduction of new plants in the botanical garden.

收稿日期: 2017-12-08

基金项目: 南京中山植物园绿手指基金 (JSPGF2016010615)

第一作者: 殷茜, 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向为植物园的活植物管理.

E-mail: yinqian0306@126.com.

通信作者: 刘兴剑, 男, 高级实验师, 研究方向为植物分类、活植物引种和迁地保育技术.

E-mail: 625876811@qq.com.

Keywords: invasive alien plants; damage; Nanjing Botanical Garden Memorial Sun Yat-Sen; plant introduction

0 引言

外来入侵植物是“杂草性”最强的植物类群之一,其繁衍速度远远超过本土杂草。目前,全国入侵植物共352种,江苏境内入侵植物有110种。植物园是植物资源收集、生物多样性保护、尤其是珍稀濒危植物迁地保护的重要基地,一旦受到外来入侵植物破坏,保育对象的生存空间将受到严重挤压,物种多样性、群落多样性和遗传多样性将显著减少。

此外,随着园区景观改造工作的推进,引入植物数不断增加,其中包括大量国外园艺品种,由于对引进种在原产地生境、习性等背景资料研究的缺乏,部分引种植物有疯长趋势,园区内也出现了一些外来观赏入侵植物的种类,需要掌握现状、密切监控。

本研究对南京中山植物园外来入侵植物进行了调查分析,以期明确外来入侵植物的种类、生物学特性等信息,为采取有效的治理措施、加强引种管理及入侵植物监测提供参考。

1 调查地点与方法

1.1 研究区概况

南京中山植物园坐落于紫金山国家森林公园内,占地面积186 hm²,北纬32°07′,东经118°48′,海拔30~300 m,年平均气温15.4℃,是我国中、北亚热带的植物研究中心。目前园区收集活植物共计204科1 162属4 452种(包括种、亚种、变种、变型和园艺品种),其中国家一级保护植物32种,国家二级保护植物70种,珍稀濒危植物134种^[1]。

1.2 外来入侵物种的确定

根据中国外来入侵物种数据库(<http://www.chinaias.cn>)、全球入侵物种数据库(<http://www.iucngisd.org/gisd/>)和国家环保总局公布的第一批和第二批入侵植物名单,最终确定入侵植物名单和原产地。

1.3 调查方法

从2015年至2017年,每年10—11月和3—6月,兼顾南京中山植物园的不同功能区(检疫苗圃、专类园区、园林植物区和自然植被保护区),采用线路调查和样方调查的方法,进行外来植物种类和入侵现状的调查。在园区北部自然植被区,根据地形设计2条调查线路,每条线路每隔100 m设置一个样方,共20个样方;在检疫苗圃、22个专类园区和园林植物区范围内,选取未被栽培地被植物覆盖、未达到园区杂草精细化管理标准的地块为调查对象,根据每个园区的面积、地形、植物群落和生境类型等实际情况共选取20个样方,样方面积为1 m×1 m,详细记录样方内物种种类,入侵种统计其频度,同时记录环境特征。利用数码相机对调查生境、植物群落及植株局部器官进行拍摄。物种鉴别参照中国科学院植物研究所中国自然标本馆网站(<http://www.cfh.ac.cn>)数据库物种图库以及中国植物图像库(<http://www.plantphoto.cn>)进行检索、比对与确认。

2 结果与分析

2.1 外来入侵植物种类组成分析

调查结果表明,南京中山植物园共有外来入侵植物65种(见表1),隶属于25个科,其中菊科种类最多,有21种,占外来入侵植物总数的32.31%,其余为禾本科6种,占9.23%;苋

科4种,占6.15%;大戟科、豆科、玄参科和茄科,各3种,各占4.62%;伞形科、十字花科和旋花科,各2种,各占3.08%;天南星科、落葵科、蕹菜科、藜科、白花菜科、牻牛儿苗科、紫茉莉科、柳叶菜科、酢浆草科、商陆科、车前科、雨久花科、马齿苋科和葡萄科,各1种,各占1.54%。来自世界性分布的大科——菊科的外来入侵植物比例最高,属于菊科的外来入侵植物种子数量最多,且具有特殊的冠毛,易扩散,这也说明菊科植物具有更强的入侵能力、易于迁移和定居的能力。

表 1 南京中山植物园外来入侵植物种类概况

Tab. 1 Species of invasive alien plants in Nanjing Botanical Garden Memorial Sun Yat-Sen						
科	中文名	拉丁名	来源地	生活型	频度/%	危害度
Amaranthaceae 苋科	空心莲子草	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	南美洲	多年生草本	50.12	+++
	反枝苋	<i>Amaranthus retroflexus</i>	热带非洲	一年生草本	17.35	++
	刺苋	<i>Amaranthus spinosus</i>	热带美洲	一年生草本	6.52	+
	青葙	<i>Celosia argentea</i>	热带非洲	一年生草本	12.48	++
Apiaceae 伞形科	芫荽	<i>Coriandrum sativum</i>	欧洲	一二年生草本	5.96	+
	野胡萝卜	<i>Daucus carota</i>	欧洲	二年生草本	43.21	+++
Araceae 天南星科	大藻	<i>Pistia stratiotes</i>	南美洲	水生飘浮草本	3.20	+
Asteraceae 菊科	藿香蓟*	<i>Ageratum conyzoides</i>	墨西哥	一年生草本	5.47	+
	豚草	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	北美洲	一年生草本	36.23	+++
	三裂叶豚草	<i>Ambrosia trifida</i>	北美洲	一年生草本	32.44	++
	钻叶紫菀	<i>Aster subulatus</i>	北美洲	一年生草本	35.96	+++
	大狼把草	<i>Bidens frondosa</i>	北美洲	一年生草本	11.83	++
	鬼针草	<i>Bidens pilosa</i>	南美洲	一年生草本	19.63	++
	小蓬草	<i>Conyza canadensis</i>	北美洲	一年生草本	34.29	++
	大花金鸡菊*	<i>Coreopsis grandiflora</i>	美洲	多年生草本	9.76	+
	剑叶金鸡菊*	<i>Coreopsis lanceolata</i>	北美洲	多年生草本	26.54	++
	秋英*	<i>Cosmos bipinnatus</i>	美洲	一年生草本	9.69	+
	野茼蒿	<i>Crassocephalum crepidioides</i>	热带非洲	一年生草本	13.57	++
	一年蓬	<i>Erigeron annuus</i>	北美洲	一二年生草本	43.24	+++
	香丝草	<i>Erigeron bonariensis</i>	南美洲	多年生草本	34.86	++
	苏门白酒草	<i>Erigeron sumatrensis</i>	北美洲	一二年生草本	32.65	++
	牛膝菊	<i>Galinsoga parviflora</i>	南美洲	一年生草本	25.74	++
	堆心菊*	<i>Helenium autumnale</i>	美洲	多年生草本	11.30	+
	菊芋	<i>Helianthus tuberosus</i>	北美洲	多年生草本	4.23	+
	串叶松香草*	<i>Silphium perfoliatum</i>	北美洲	多年生草本	1.86	+
	包果菊*	<i>Smallanthus uvedalia</i>	美洲	多年生草本	0.56	+
	加拿大一枝黄花*	<i>Solidago canadensis</i>	北美洲	多年生草本	18.25	++
	苦苣菜	<i>Sonchus oleraceus</i>	欧洲	一二年生草本	13.17	++
Basellaceae 落葵科	落葵薯	<i>Anredera cordifolia</i>	热带美洲	多年生缠绕藤本	0.83	+
Brassicaceae 十字花科	臭芥	<i>Coronopus didymus</i>	南美洲	一二年生匍匐草本	20.24	++
	北美独行菜	<i>Lepidium virginicum</i>	北美洲	一二年生草本	28.13	++
Cabombaceae 蕹菜科	竹节水松*	<i>Cabomba caroliniana</i>	南美洲	多年生水生草本	2.39	+
Chenopodiaceae 藜科	土荆芥	<i>Dysphania ambrosioides</i>	中、南美洲	多年生草本	16.56	++
Cleomaceae 白花菜科	皱子白花菜*	<i>Cleome rutidosperma</i>	热带非洲	一年生草本	5.77	+
Convolvulaceae 旋花科	圆叶牵牛*	<i>Ipomoea purpurea</i>	热带美洲	一年生草本	8.29	+
	三裂叶薯*	<i>Ipomoea triloba</i>	热带美洲	一年生草本	6.59	+

续表 1						
科	中文名	拉丁名	来源地	生活型	频度/%	危害度
Euphorbiaceae 大戟科	泽漆	<i>Euphorbia helioscopia</i>	非洲北部	一年生草本	33.21	++
	飞扬草	<i>Euphorbia hirta</i>	印度	一年生草本	4.81	+
	斑地锦	<i>Euphorbia maculata</i>	北美洲	一年生草本	33.42	++
Fabaceae 豆科	含羞草	<i>Mimosa pudica</i>	热带美洲	亚灌木状草本	0.64	+
	刺槐	<i>Robinia pseudoacacia</i>	美国东部	落叶乔木	31.45	++
	白车轴草	<i>Trifolium repens</i>	欧洲	多年生草本	28.62	++
Geraniaceae 牻牛儿苗科	野老鹳草	<i>Geranium carolinianum</i>	美洲	一年生草本	34.25	++
Nyctaginaceae 紫茉莉科	紫茉莉*	<i>Mirabilis jalapa</i>	热带美洲	一年生草本	1.83	+
Onagraceae 柳叶菜科	月见草*	<i>Oenothera biennis</i>	北美洲	二年生草本	2.30	++
Oxalidaceae 酢浆草科	关节酢浆草*	<i>Oxalis articulata</i>	南美洲	多年生草本	20.45	++
	红花酢浆草*	<i>Oxalis corymbosa</i>	亚洲	多年生草本	26.57	++
Phytolaccaceae 商陆科	垂序商陆*	<i>Phytolacca americana</i>	北美洲	多年生草本	31.62	++
Piperaceae 胡椒科	草胡椒	<i>Peperomia pellucida</i>	热带美洲	一年生草本	4.48	+
Plantaginaceae 车前科	北美车前	<i>Plantago virginica</i>	北美洲	一二年生草本	24.81	++
Poaceae 禾本科	日本看麦娘	<i>Alopecurus japonicus</i>	日本	一年生草本	32.76	++
	野燕麦	<i>Avena fatua</i>	欧洲	一年生草本	36.22	++
	稗	<i>Echinochloa crusgalli</i>	欧洲	一年生草本	30.61	++
	牛筋草	<i>Eleusine indica</i>	非洲	一年生草本	27.09	++
	毒麦	<i>Lolium temulentum</i>	欧洲	一年生草本	3.59	+
	普通早熟禾	<i>Poa trivialis</i>	欧洲	多年生草本	10.02	++
Pontederiaceae 雨久花科	凤眼蓝*	<i>Eichhornia crassipes</i>	南美洲部	多年生浮水植物	3.62	++
Portulacaceae 马齿苋科	土人参*	<i>Talinum paniculatum</i>	热带美洲	多年生草本	7.38	+
Scrophulariaceae 玄参科	常春藤婆婆纳	<i>Veronica arvensis</i>	欧洲	一二年生草本	40.79	+++
	直立婆婆纳	<i>Veronica hederifolia</i>	欧洲	一年生草本	33.28	++
	阿拉伯婆婆纳	<i>Veronica persica</i>	欧洲	一年生草本	53.87	+++
Solanaceae 茄科	曼陀罗*	<i>Datura stramonium</i>	墨西哥	多年生草本/半灌木	8.69	+
	假酸浆*	<i>Nicandra physalodes</i>	南美洲	一年生草本	7.16	+
	水茄*	<i>Solanum torvum</i>	美洲	灌木	0.64	+
Vitaceae 葡萄科	五叶地锦*	<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	北美洲	木质藤本	4.73	+

注: *表示观赏性外来入侵植物; +表示危害较轻, ++表示危害中等, +++表示危害严重; 频度=某入侵植物样方数/同一生活型植物样方总数

65种外来入侵植物中, 观赏性外来入侵植物共 23 种, 例如堆心菊、大花金鸡菊、剑叶金鸡菊、月见草、关节酢浆草和秋英等, 与紫金山自然保护区内外来入侵植物种类对比发现, 除加拿大一枝黄花在紫金山有分布外, 其余 22 种均只在中山植物园内有较多分布。

2.2 入侵植物危害状况分析

入侵植物危害程度的确定, 主要依据各条线路频度值、危害面积和对园区影响的大小。南京中山植物园内的外来入侵植物在园林植物区和部分管理粗放的专类园区分布较集中, 在检疫苗圃、自然植被保护区和管理较精细的专类园区分布较少。65 种入侵植物中, 危害严重的有 7 种, 危害中等的有 33 种, 危害较轻的有 25 种, 分别占总数的 10.77%、50.77% 和 38.46%(见图 1)。危害严重的植物有空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、野胡萝卜(*Daucus carota*)、豚草(*Ambrosia artemisiifolia*)、钻叶紫菀(*Aster subulatus*)、一年蓬(*Erigeron annuus*)、常春藤婆婆纳(*Veronica arvensis*)和阿拉伯婆婆纳(*Veronica persica*)。

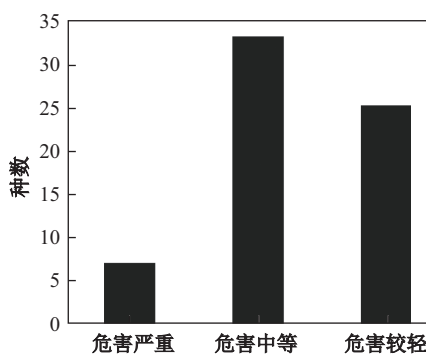


图1 南京中山植物园外来入侵植物的危害状况

Fig. 1 Damage of alien invasive plants in Nanjing Botanical Garden Memorial Sun Yat-Sen

2.3 原产地分析

南京中山植物园园区内的外来入侵植物主要来自于美洲, 共 45 种, 占 67.23%, 其次来自于欧洲, 共 11 种, 占 16.92%, 来自于非洲的入侵植物共 6 种, 占 9.23%, 来自于亚洲的最少, 仅 3 种, 占 4.62%, 没有来自于大洋洲的入侵植物 (见图 2)。

来自于美洲的外来入侵植物最多, 可能由于北美与中国有着类似的气候环境与生物区系, 两地区的物种相互迁移后, 能够很快适应当地生境, 增加定植的机会^[2]; 来自亚洲的外来入侵植物最少, 可能由于地理隔离较小, 与中国植物区系的植物在地质历史上交流较多, 成为入侵性杂草的可能性降低^[3]。

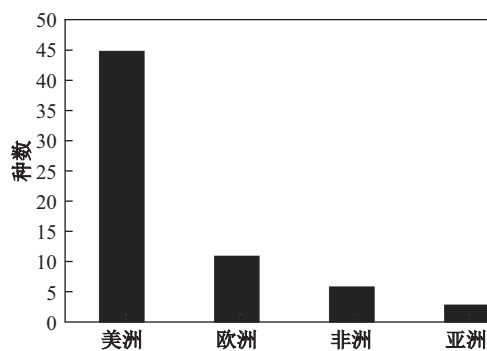


图2 南京中山植物园外来入侵植物的原产地

Fig. 2 Point of origin of alien invasive plants in Nanjing Botanical Garden Memorial Sun Yat-Sen

2.4 生活型分析

生活型是生物对外界环境长期适应, 而在外貌上反应出来的类型. 探索不同生活型植物对环境的响应规律, 对预测不同区域植被格局的改变具有重要意义^[4]. 65 种入侵植物中, 一年生草本 30 种, 占总数的 46.15%; 一二年生草本 8 种, 占总数的 12.31%; 二年生草本 2 种, 占总数的 3.08%; 多年生草本 21 种, 占总数的 32.31%; 木质藤本 1 种, 占总数的 1.54%, 灌木/亚灌木 2 种, 占总数的 3.08%, 乔木 1 种, 占总数的 1.54% (见图 3). 一年生草本因具有寿命短、结果时间长、种子量大、体积小、易传播等生活史特征, 为其入侵提供了明显优势^[5], 使其在与本地物种竞争时具有明显优势, 这也与其强入侵性紧密相关^[6]。

2.5 外来入侵植物的生境类型分析

将目标研究区域划分为 6 种生境类型: 山地、林下、池塘/溪沟、湖泊、荒地和草丛/草地。

由表 2 可知, 荒地的外来入侵植物种类最为丰富, 有 51 种, 占总数的 78.46%, 其次为草丛/草地, 共有入侵植物 48 种, 占总数的 73.85%, 林下共有入侵植物 27 种, 占总数的 41.53%, 山地共有入侵植物 25 种, 占总数的 38.46%, 湖泊共有入侵植物 4 种, 占总数的 6.15%, 池塘/溪沟共有入侵植物 2 种, 占总数的 3.08%, 外来入侵植物在不同生境类型中, 呈现出梯度性变化。

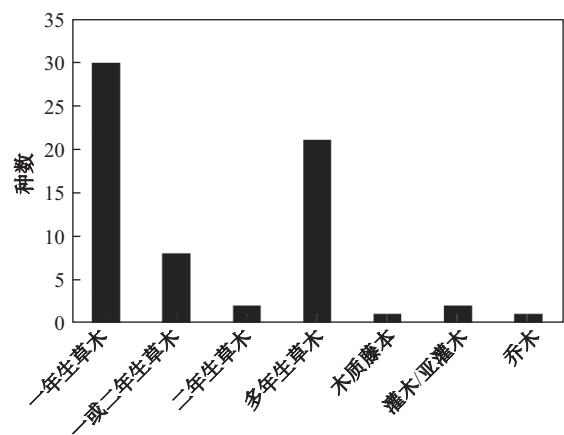


图 3 南京中山植物园外来入侵植物生活型组成

Fig. 3 Life form of alien invasive plants in Nanjing Botanical Garden Memorial Sun Yat-Sen

表 2 外来入侵植物的生境类型

Tab. 2 Habitat types of invasive alien plants		
生境	种数	所占百分比/%
山地	25	38.46
林下	27	41.53
池塘/溪沟	2	3.08
湖泊	4	6.15
荒地	51	78.46
草丛/草地	48	73.85

2.6 入侵途径分析

有害植物的入侵途径主要为有意引入、无意引入和自然传播 3 种^[7]。目前园区中的外来入侵植物, 有一部分是通过自然传播途径传入, 如空心莲子草和阿拉伯婆婆纳等在南京市园林绿地中有广泛分布的种类; 另一部分则是通过引种活动有意引入, 例如目前园区中分布较广泛的大花金鸡菊 (*Coreopsis grandiflora*) 和剑叶金鸡菊 (*Coreopsis lanceolata*), 近十年内有过数次引种, 包果菊 (*Smallanthus uvedalia*) 以植物园为中心, 仅在周边地区有分布, 为我园引种后逃逸种^[8], 有意引进后未经过检疫苗圃隔离观察, 或隔离观察时间过短, 便直接定植于园区展示。这类植物有极强的适应性, 容易摆脱管理约束而成为逸生性植物, 为了获得观赏效果, 这类植物通常在引入时便具备一定规模, 一旦表现出入侵性, 很难加以隔离和防治。此外, 也有无意引入的入侵杂草, 通常夹杂在目标植物中, 在检疫隔离期间未得到妥善处理而得以传播。本次调查发现, 有些外来入侵植物, 例如常春藤婆婆纳 (*Veronica arvensis*), 只在南京中山植物园内危害严重, 具有较大的种群密度和分布范围, 在紫金山中也有发生, 而在江苏省其他自然保护区内未见发生^[9]。这类物种的引入与引种活动有密切的关系, 有可能随目标物种携带引进, 并蔓延传播到紫金山自然保护区与南京城区的其他范围^[10]。

3 讨 论

南京中山植物园外来入侵植物以草本居多,草本植物除了具有寿命短、繁殖快、种子量大、易传播等特征外,其体积小易携带,易存活,这些都是其易成功入侵的原因^[11]。一旦入侵成功,草本外来入侵植物易通过各种方式(如野胡萝卜通过化感作用^[12])抑制、排挤本地植物^[13],占据更多的生态位,传播势头迅猛,迁地保护目标植物受到威胁。因此,在今后的引种活动中,要充分发挥检疫苗圃的隔离作用,保证隔离范围和隔离时间,减少草本入侵植物种子随目标植物夹带而引进的情况发生。

调查中发现,在各种生境类型中,荒地生境最易遭到入侵,原因可能是其群落结构简单,各物种间的关系相对较松散,对资源利用也不完全,天敌数量少,抑制干扰能力较低,外来植物易生存、种群易扩增^[14]。例如,在新建建筑周边,未立即补植地被的荒地上,有较大密度的入侵草本种群。一年生入侵杂草以种子繁殖来进行扩散,种子形成后基本分布于母株周围,种群的扩散,总是以最初侵入并定居的母体为中心而展开,易形成以母株为中心的聚集分布^[15]。园区中存在最多的菊科外来入侵植物,很多具有一年生或一二年生特征,例如一年蓬和小蓬草(*Conyza canadensis*),可以产生大量具冠毛瘦果,二年生草本则可以保持整年产生种子,随风大量扩散,在此类荒地中,种群数量可观。管理粗放的草丛/草地也是最容易入侵的生境类型,可能由于此类生境在种植草坪后本地种植被稀疏,生态位空缺^[11],一旦缺少人力介入养护,容易成为外来入侵植物的定植地点。例如空心莲子草,利用根状茎或匍匐茎进行营养繁殖,在梅雨季节等条件适宜时,具有很快的入侵速度,大量入侵河沟边和林下水湿低洼处。此外,阿拉伯婆婆纳和常春藤婆婆纳等早春入侵植物,利用春季较大的时间和空间生态位宽度,危害严重。因此,在园区改造等过程中,对因工程施工造成的暂时裸地及产生的土壤应进行规划堆放,全程监控,避免外来入侵植物定植,减少形成的种子库或繁殖体随载体外输而传播扩散^[16]。对于地被覆盖度不高的林下,可增加地面覆盖物,如陶粒和松皮覆盖材料等,增加地被宿根植物种类,提高群落密度和丰富度,可有效减少外来入侵植物定植的概率,如大吴风草(*Farfugium japonicum*)、虎耳草(*Saxifraga stolonifera*)、九头狮子草(*Peristrophe japonica*)、萱草(*Hemerocallis fulva*)、石蒜(*Lycoris radiata*)和麦冬(*Ophiopogon japonicus*)等,增加其他野生地被植物资源的引入和布置,如委陵菜(*Potentilla chinensis*)、翻白草(*Potentilla discolor*)、鸭儿芹(*Cryptotaenia japonica*)、紫苏(*Perilla frutescens*)、鼠曲草(*Pseudognaphalium affine*)和天门冬(*Asparagus cochinchinensis*)等。对于利用与其他植物种群间生态位分化的外来入侵植物,可人为干预种植适当植物,以减少外来入侵植物的生态位优势,如种植诸葛菜(*Orychophragmus violaceus*)和紫花地丁(*Viola philippica*)等早春植物,覆盖裸土;在花展用地可以间植角堇(*Viola cornuta*)及其栽培品种等,减少土壤裸露时间并提高景观效果。对于已经发生严重入侵危害的区域,加强田间管理,辅以化学防治手段。

植物园作为重要的生物多样性保护基地,应该加强引种管理和监控。控制引种外来入侵性园林植物,是预防外来植物入侵的重要途径,应严格执行园区引种和活植物管理相关规定程序,建立引种植物有序控制机制,一旦新物种进入南京中山植物园,必须全称跟踪,通过应用地调查和室内生物学检测及风险性评估,及时发现和淘汰不适宜物种^[17]。杜绝盲目引种和随意引种等行为,在引种前应加强对目标植物详细资料的了解,如原产地、生活型、生境和天敌等信息,一旦发生不受控制的情况,可以有的放矢地采用适当方法进行控制。

(下转第 163 页)

- [12] 朱莉萍, 朱涛, 马运平, 等. 中空纤维膜液相微萃取-气相色谱质谱法快速测定蔬菜汁中 15 种邻苯二甲酸酯 [J]. 分析化学, 2013, 41(7): 1019-1024.
- [13] TAO Y, LIU J F, HU X L, et al. Hollow fiber supported ionic liquid membrane microextraction for determination of sulfonamides in environmental water samples by high-performance liquid chromatography [J]. Journal of Chromatography A, 2009, 1216(35): 6259-6266.
- [14] PEDERSEN-BJERGAARD S, RASMUSSEN K E. Liquid-liquid-liquid microextraction for sample preparation of biological fluids prior to capillary electrophoresis [J]. Analytical Chemistry, 1999, 71(14): 2650-2656.
- [15] 王樊, 何蔓, 陈贝贝, 等. 二氧化钛涂覆中空纤维膜微萃取-电热蒸发-电感耦合等离子体质谱分析环境样品中痕量重金属 [J]. 分析化学, 2015(9): 1313-1321.

(责任编辑: 张 晶)

(上接第 134 页)

[参 考 文 献]

- [1] 任全进, 刘兴剑, 殷茜. 南京中山植物园栽培植物名录 [M]. 南京: 江苏凤凰科技出版社, 2016: 1-2.
- [2] 强胜, 陈国奇, 李保平, 等. 中国农业生态系统外来种入侵及其管理现状 [J]. 生物多样性, 2010, 18(6): 647-659.
- [3] 季敏, 孙国俊, 储寅芳, 等. 江苏南部丘陵茶园外来入侵杂草发生危害研究 [J]. 植物保护, 2014, 40(1): 157-161.
- [4] REJMÁNEK M. What makes a species invasive? [J]// PYŠEK P, PRACH K, REJMÁNEK M, et al. Plant invasions: General aspects and special problems. Ecology, 1995, 77(6): 1957.
- [5] 许凯扬, 叶万辉, 曹洪麟, 等. 植物群落的生物多样性及可入侵性关系的实验研究 [J]. 植物生态学报, 2004, 28(3): 385-391.
- [6] 李博, 徐炳声, 陈家宽. 从上海外来杂草区系剖析植物入侵的一般特征 [J]. 生物多样性, 2001, 9(4): 446-457.
- [7] 朱碧华, 朱大庆. 南昌市园林绿地外来入侵植物调查及防除与利用对策 [J]. 南方农业学报, 2013, 44(4): 598-601.
- [8] 王宁, 杜丽, 周兵, 等. 中国外来观赏入侵植物的种类与来源及其风险评价 [J]. 华中农业大学学报, 2013, 32(4): 28-32.
- [9] 董红云, 李亚, 汪庆, 等. 江苏省 3 个自然保护区外来入侵植物的调查和分析 [J]. 植物资源与环境学报, 2010, 19(1): 86-91.
- [10] 吴秀臣, 芦建国. 南京城区绿地的外来入侵植物 [J]. 江苏农业科学, 2015, 43(9): 169-127.
- [11] 王忠, 董仕勇, 罗燕燕, 等. 广州外来入侵植物 [J]. 热带亚热带植物学报, 2008, 16(1): 29-38.
- [12] 张杰. 鄱阳湖南矶山湿地自然保护区的外来入侵植物调查与分析 [J]. 热带亚热带植物学报, 2015, 23(4): 419-427.
- [13] 邓世明, 王宁, 汤丽昌, 等. 外来入侵植物假臭草的化感作用研究 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(16): 277-280.
- [14] GROVES R H, BURDON J J. Ecology of Invasions [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1986: 57-66.
- [15] 贾美玉, 李雪华, 吴忠铨, 等. 科尔沁沙地丘间低地不同生活型物种格局与共存机制 [J]. 生态学报, 2016, 35(1): 111-117.
- [16] 黄建辉, 韩兴国, 杨宗二, 等. 外来种入侵的生物学与生态学基础的若干问题 [J]. 生物多样性, 2003, 11(3): 240-247.
- [17] 曹宏伟, 陈连根. 生物入侵与上海植物园引种的思考 [J]. 中国园林, 2004(9): 57-58.

(责任编辑: 张 晶)