

福建省农田生态系统外来入侵植物种类及其分布

李建宇^{1,2}, 史梦竹^{1,3}, 郭燕青¹, 郑丽祯¹, 吴梅香^{2*}, 傅建炜^{1,3*}

(1. 福建省农业科学院植物保护研究所, 福建省作物有害生物监测与治理重点实验室, 农业部福州作物有害生物科学观测实验站, 福州 350013; 2. 福建农林大学植物保护学院, 福州 350002; 3. 福建省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 福建省农产品质量安全重点实验室, 福州 350001)

摘要: 为掌握福建省农田生态系统的外来入侵植物种类和分布情况, 采用实地调查的方式, 对福建省 9 市农田生态系统中的入侵植物进行调查, 并分析了其种类组成、原产地、生活型、分布格局和分布类型及其入侵性等。结果表明, 福建省农田生态系统有外来入侵植物 30 科 65 属共 79 种; 其中以菊科(Asteraceae)物种数最多, 为 22 种, 占总种数的 27.85%, 其次是苋科(Amaranthaceae)有 7 种, 豆科(Leguminosae)、禾本科(Gramineae)、旋花科(Convolvulaceae)和大戟科(Euphorbiaceae)各有 5 种。生活型以草本植物为主, 占总种数的 86.08%; 原产于美洲的种类最多, 占总种数的 70.24%; 入侵等级为恶性入侵(1 级)的物种有 10 科 22 种, 严重入侵(2 级)有 13 科 22 种, 局部入侵(3 级)、一般入侵(4 级)和有待观察类(5 级)分别有 9、18 和 8 种; 恶性入侵和严重入侵的植物种类占入侵植物总数的 55.70%。从分布格局和分布类型来看, 以福州市的农田生态系统入侵植物种类最多, 为 52 种; 不同农田类型中, 以旱地中的入侵植物种数最多, 有 74 种; 按分布区域划分的全域分布种共 13 种, 按农田类型划分的全域分布种有 11 种。因此, 福建省农田生态系统入侵植物种类繁多, 分布广泛, 原产地多元化, 且恶性和严重入侵植物占比较高, 入侵形势严峻, 应加强入侵植物的动态监控与防范, 以保护生物多样性和生态安全。

关键词: 农田生态系统; 外来入侵植物; 原产地; 分布; 入侵等级; 福建

doi: 10.11926/jtsb.4206

Species and Distribution of Invasive Alien Plants in Farmland Ecosystems of Fujian Province

LI Jian-yu^{1,2}, SHI Meng-zhu^{1,3}, GUO Yan-qing¹, ZHENG Li-zhen¹, WU Mei-xiang^{2*}, FU Jian-wei^{1,3*}

(1. Fujian Key Laboratory for Monitoring and Integrated Management of Crop Pests, Fuzhou Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests, Ministry of Agriculture, Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China; 2. College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 3. Fujian Key Laboratory of Agro-Products Quality and Safety, Fujian Key Laboratory of Agro-products Quality & Safety, Institute of Quality Standards & Testing Technology for Agro-Products, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350001, China)

Abstract: In order to understand the situation of invasive alien plants in farmland ecosystems, the invasive plants in 9 cities of Fujian Province were investigated by field investigation, and the species composition, origin, life form, distribution pattern and type as well as invasiveness were analyzed. The results showed that there were a total of 79 species of invasive plants, belonging to 30 families, 65 genera, in farmland ecosystems in Fujian Province. There were 22 species of Asteraceae, which was the most abundance accounting for 27.85% to total species, followed by 7 species in Amaranthaceae, each 5 species in Leguminosae, Gramineae, Convolvulaceae

收稿日期: 2020-02-28 接受日期: 2020-05-13

基金项目: 福建省科技重大专项(2017NZ0003-1-1); 国家自然科学基金项目(31901951); 国家重点研发计划(2016YFC1202101-4); 福建省农业科学院科技创新团队建设项目(STIT2017-1-12); 福建省农业科学院农业科技专项(GJYS2019002)资助

This work was supported by the Major Project for Agriculture Science and Technology of Fujian (Grant No. 2017NZ0003-1-1), the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 31901951), the National Key Research and Development Program of China (Grant No. 2016YFC1202101-4), the Project for Science and Technology Innovation Team Construction of Fujian Academy of Agricultural Science (Grant No. STIT2017-1-12), and the Project for Agricultural Science and Technology of Fujian Academy of Agricultural Science (Grant No. GJYS2019002).

作者简介: 李建宇(1982~), 男, 助理研究员, 研究方向为生物安全和入侵生物防治研究。E-mail: roy111999@foxmail.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: fjw9238@163.com; wuivy200@126.com

and Euphorbiaceae. From life form, 68 species of invasive plants were herbaceous, accounting for 86.08% to total species. From the origin of invasive plants, the number of species native to America was the highest, accounting for 70.24% of total species. The alien invasive plants in Fujian were classified as malignant invasive species (grade 1) with 22 species in 10 families, and 22 species as serious invasion (grade 2), 9 species as local invasion (grade 3), 18 species as general invasion (grade 4) and 8 species to be observed (grade 5). In addition, the number of alien invasive plants at malignant and severe grade was high, accounting about 55.70% of total species. From distribution pattern and type, the number of invasive plants in farmland ecosystems of Fuzhou was the most with 52 species. Among different types of farmland, the number of invasive plants in dry land was the largest, with 78 species. There were 13 and 11 species in all regional distribution type, respectively according to the distribution region and the farmland type. There were many invasive plants in farmland ecosystem in Fujian province, which are widely distributed and diverse in origin. Therefore, the dynamic monitoring and prevention of alien invasive plants should be strengthened to protect biodiversity and ecological security.

Key words: Farmland ecosystem; Alien invasive plant; Origin; Distribution; Invasive grade; Fujian

生物入侵已经成为威胁我国本土生物多样性与生态环境的重要因素之一,而且随着全球经济、国际贸易、旅游业以及交通运输业的快速发展和增长而不断加剧^[1]。据报道,我国外来入侵生物有 667 种,每年给我国造成的总经济损失高达 1 000 亿元。入侵物种种类、分布及其生物属性等调查研究是制定入侵物种防治和管理的基础^[2-3]。我国外来入侵物种以植物种类最多,有 368 种^[4-5],入侵植物不仅会改变当地生态系统和景观、导致生物多样性下降,对入侵当地农林牧渔及相关产业造成严重影响,甚至会危害人类健康和社会经济发展^[6]。

农田生态系统与人类活动关系最为密切,也最容易遭受入侵植物的影响^[7]。福建省位于中国东南沿海,是中国大陆重要的出海口,也是外来入侵植物危害最为严重的省区之一^[8-9]。徐海根等系统整理了中国外来入侵生物的种类、起源、分布及生境类型等编目信息^[4],描述了入侵植物在大尺度的省市水平分布情况,而在福建省县区小尺度上的分布暂无记录。目前,对福建省入侵植物种类报道各不相同。2008 年,罗明永分析了福建省 30 种外来入侵植物的分布、特性和危害状况^[10];2009 年,杨坚等初步认定福建省外来入侵植物约有 29 科 73 种^[11]。强胜等^[12]报道福建省农业生态系统外来入侵物种有 107 种(包括植物、动物和微生物),但并未明确具体入侵植物种类,而关于福建省农田生态系统入侵植物的种类及分布等基本情况尚无报道。鉴于此,本研究对福建省农田生态系统外来入侵植物的种类、分布和生物学特性等开展为期 2 年的实地调

查,明确外来入侵植物的种类和分布等,分析福建省农田生态系统入侵植物的原产地、生活型和入侵性等,为农田生态系统入侵植物的管理与防控提供科学参考和依据。

1 研究区域概况和方法

1.1 研究区域概况

福建省地处中国东南部、东海之滨,陆域介于 23°33'~28°20' N、115°50'~120°40' E 之间,全省陆域面积 1.24×10^5 km²。气候属亚热带海洋性季风气候,温暖湿润,雨量充沛,光照充足,年平均气温 17℃~21℃,平均降雨量 1 400~2 000 mm^[13]。福建省境内山地、丘陵占全省总面积的 80%以上,素有“八山一水一分田”之称;耕地面积仅占总面积的 10.64%^[14],其中农作物种植面积 1.62×10^6 hm²,主要种植稻谷、薯类、豆类、蔬菜、水果和茶叶等^[15]。

1.2 入侵植物种类的确定

主要根据国家环境保护总局公布的 4 批中国外来入侵物种名单^[16-19]、农业部公布的《国家重点管理外来入侵物种名录》(第一批)^[20]、中国外来入侵物种信息系统(<http://www.iplant.cn/ias/protlist>)以及专著《农业重大外来入侵生物》^[21]、《中国入侵植物名录》^[22]和《生物入侵:中国外来入侵植物图鉴》^[23]确定外来入侵植物种类,对每个物种进行准确鉴定,并对其拉丁学名、科属、原产地和生活型进行严格考证,排除目前尚存在争议的种类。

1.3 调查方法

于2016年9月至2018年9月,以福建省道路交通网络系统(高速、国道、省道、铁路)主要干道、交叉道路1 km范围内的农田生态系统为主要调查点,每调查点间隔距离为30~50 km,共设置调查样点共129个(图1)。农田类型主要包括旱地(玉米、大豆、花生、薯类、烟叶等旱作作物田)、果园(主要有芒果、龙眼、荔枝、柑橘类等)、菜田、茶园及水田(主要为水稻田),分别设置调查样点86、32、29、13和13个(每调查样点存在不同的农田类型,故农田类型样点数大于设置调查样点数)。采用样线法,每样点取6条10 m样线,在样线两侧1 m范围内调查记录入侵植物的种类、生境类型、经纬度(GPS信息)等信息。

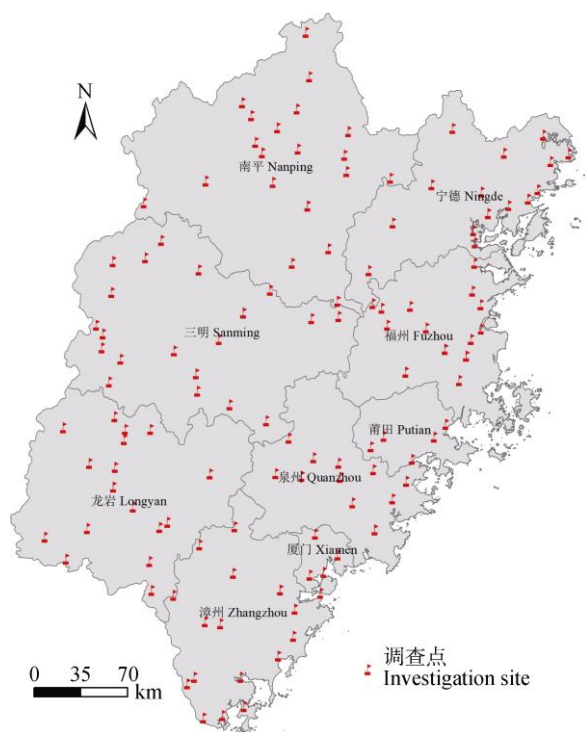


图1 福建省入侵植物调查样点

Fig. 1 Investigation sites of alien invasive species in Fujian Province

1.4 统计分析

利用地理信息系统软件 ArcGIS 10.2 绘制福建省外来入侵植物地级市水平的分布图和入侵等级图。中国外来入侵物种划分为5个等级,恶性入侵(1级):已经对国家经济或生态环境造成巨大损失与严重影响,且入侵范围超过1个以上自然地理区域的物种;严重入侵(2级):对国家经济和生态环境造

成较大损失或明显影响,且至少在1个以上自然地理区域分布的物种;局部入侵(3级):在1个或1个以上自然地理区域分布并造成局部危害,但目前没有造成大规模危害的物种;一般入侵(4级):根据其生物生态学特性已经确定其危害不大或不明显,且难以形成新的入侵发展趋势的物种;有待观察类(5级):主要是一些出现时间短或最新报道的、目前了解不深入而无法确定未来发展趋势的物种^[24]。

参考岳茂峰等^[25]的描述,根据分布区域将福建省入侵植物划分为4个分布类型,全域分布种:在9个地市均有分布;广域分布种:6~8个地市有分布;局域分布种:3~5个地市有分布;窄域分布种:1~2个地市有分布。根据农田类型将入侵植物分为4个分布类型,全域分布种:在5种农田类型中均有分布;广域分布种:3~4种农田类型中有分布;局域分布种:2种农田类型中有分布;窄域分布种:仅在1种农田类型中有分布。

2 结果和分析

2.1 入侵植物种类组成

根据调查,初步确定福建省9个地级市60个县(市、区)的农田生态系统中外来入侵植物有79种,隶属于30科65属(表1),其中,以菊科(Asteraceae)种数最多,有22种,占总种数的27.85%;其次是苋科(Amaranthaceae)有7种(8.86%);豆科(Leguminosae)、禾本科(Gramineae)、旋花科(Convolvulaceae)和大戟科(Euphorbiaceae),均为5种(6.33%),十字花科(Cruciferae)有3种,以上7科共52种,占总种数的65.82%,是福建省外来入侵植物的主要物种;另有4科各有2种,其余19科仅有1种(表2)。

在物种属的组成上,苋属(*Amaranthus*)的物种数最多,为5种,大戟属(*Euphorbia*)有4种;番薯属(*Ipomoea*)、飞蓬属(*Erigeron*)、鬼针草属(*Bidens*)、含羞草属(*Mimosa*)、藿香蓟属(*Ageratum*)、牵牛属(*Pharbitis*)和泽兰属(*Eupatorium*)各有2种,其他56属均为1种。

2.2 入侵植物的生活型

对福建省农田生态系统外来入侵植物的生活型进行分析,结果表明,草本植物有68种,占总种数的86.08%,其中一/二年生草本植物42种,所占比例最高,为53.16%;多年生草本植物有26种,占32.91%;

表 1 福建省农田生态系统的外来入侵植物

Table 1 List of alien invasive plants in farmland ecosystems of Fujian

科 Family	植物 Species	原产地 Origin	生活型 Life-form	入侵等级 Invasion grade
菊科 Asteraceae	白花鬼针草 <i>Bidens alba</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生草本 Annual herb	1
	飞机草 <i>Chromolaena odorata</i>	墨西哥 Mexico	多年生草本 Perennial herb	1
	鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	美洲 America	一年生草本 Annual herb	1
	藿香蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生草本 Annual herb	1
	加拿大一枝黄花 <i>Solidago canadensis</i>	北美洲 N. Amer.	多年生草本 Perennial herb	1
	假臭草 <i>Praxelis clematidea</i>	南美洲 S. Amer.	一年生草本 Annual herb	1
	豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	中北美洲 Mid.N. Amer.	一年生草本 Annual herb	1
	小蓬草 <i>Erigeron canadensis</i>	北美洲 N. Amer.	一年生草本 Annual herb	1
	一年蓬 <i>E. annuus</i>	北美洲 N. Amer.	一年或二年生草本 Annual/Biennial herb	1
	银胶菊 <i>Parthenium hysterophorus</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生草本 Annual herb	1
	钻叶紫菀 <i>Aster subulatus</i>	北美洲 N. Amer.	一年生草本 Annual herb	1
	南美螞蟥菊 <i>Sphagneticola trilobata</i>	热带美洲 Trop. Amer.	多年生草本 Perennial herb	2
	牛膝菊 <i>Galinsoga parviflora</i>	南美洲 S. Amer.	一年生草本 Annual herb	2
	熊耳草 <i>Ageratum houstonianum</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生草本 Annual herb	2
	野茼蒿 <i>Crassocephalum crepidioides</i>	非洲 Africa	一年生草本 Annual herb	2
	春飞蓬 <i>E. philadelphicus</i>	北美洲 N. Amer.	一年生草本 Annual herb	3
	菊芋 <i>Helianthus tuberosus</i>	北美洲 N. Amer.	多年生草本 Perennial herb	4
	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	欧洲 Europe	一年生草本 Annual herb	4
	鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	美洲 America	一年生草本 Annual herb	4
	裸柱菊 <i>Soliva anthemifolia</i>	南美洲 S. Amer.	一年生草本 Annual herb	4
苋科 Amaranthaceae	秋英 <i>Cosmos bipinnatus</i>	墨西哥, 美国 Mexico, America	一年或多年生草本 Annual/Perennial herb	5
	翼茎阔苞菊 <i>Pluchea sagittalis</i>	美洲 America	一年生草本 Annual herb	5
	空心莲子草	巴西 Brazil	多年生草本 Perennial herb	1
	<i>Alternanthera philoxeroides</i>			
	刺苋 <i>Amaranthus spinosus</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生草本 Annual herb	1
	反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	美洲 America	一年生草本 Annual herb	1
	凹头苋 <i>A. blitum</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生草本 Annual herb	2
	青葙 <i>Celosia argentea</i>	印度 India	一年生草本 Annual herb	2
	皱果苋 <i>A. viridis</i>	南美洲 S. Amer.	一年生草本 Annual herb	2
	北美苋 <i>A. blitoides</i>	北美洲 N. Amer.	一年生草本 Annual herb	4
豆科 Leguminosae	巴西含羞草 <i>Mimosa diplotricha</i>	热带美洲 Trop. Amer.	亚灌木 Subshrub	2
	白车轴草 <i>Trifolium repens</i>	西北亚和欧洲 WN, Asia and Europe	多年生草本 Perennial herb	2
	含羞草 <i>Mimosa pudica</i>	热带美洲 Trop. Amer.	多年生草本 Perennial herb	2
	猪屎豆 <i>Crotalaria pallida</i>	非洲 Africa	多年生草本 Perennial herb	3
	草木犀 <i>Melilotus officinalis</i>	西亚至南欧 W. Asia to S. Europe	二年生草本 Biennial herb	4
	互花米草 <i>Spartina alterniflora</i>	北美洲 N. Amer.	多年生草本 Perennial herb	1
禾本科 Gramineae	红毛草 <i>Melinis repens</i>	非洲 Africa	多年生草本 Perennial herb	2
	野燕麦 <i>Avena fatua</i>	欧洲 Europe	一年生草本 Annual herb	2
	棕叶狗尾草 <i>Setaria palmifolia</i>	非洲 Africa	多年生草本 Perennial herb	4
	丝毛雀稗 <i>Paspalum urvillei</i>	南美洲 S. Amer.	一年生草本 Annual herb	5
	五爪金龙 <i>Ipomoea cairica</i>	美洲 America	一年生草质藤本 Annual herbaceous liana	1
旋花科 Convolvulaceae	圆叶牵牛 <i>I. purpurea</i>	美洲 America	一年生草质藤本 Annual herbaceous liana	1
	裂叶牵牛 <i>I. nil</i>	南美洲 S. Amer.	一年生草质藤本 Annual herbaceous liana	2
	三裂叶薯 <i>I. triloba</i>	西印度群岛 W. Indies	一年生草质藤本 Annual herbaceous liana	2
	莨苳 <i>I. quamoclit</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生草质藤本 Annual herbaceous liana	5
	蓖麻 <i>Ricinus communis</i>	东非 E. Africa	一年生或多年生草本 Annual/Perennial herb	2
大戟科 Euphorbiaceae	飞扬草 <i>Euphorbia hirta</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生草本 Annual herb	3
	南欧大戟 <i>E. peplus</i>	欧洲 Europe	一年生草本 Annual herb	3
	通奶草 <i>E. hypericifolia</i>	美洲 America	一年生草本 Annual herb	3
	匍匐大戟 <i>E. prostrata</i>	美洲 America	一年生草本 Annual herb	4

续表(Continued)				
科 Family	植物 Species	原产地 Origin	生活型 Life-form	入侵等级 Invasion grade
十字花科 Cruciferae	北美独行菜 <i>Lepidium virginicum</i>	北美洲 N. Amer.	一年生或二年生草本 Annual/Biennial herb	2
	臭芥 <i>Coronopus didymus</i>	南美洲 S. Amer.	一年生或二年生草本 Annual/Biennial herb	4
	芥 <i>Capsella bursa-pastoris</i>	西亚和欧洲 W. Asia and Europe	一年生或多年生草本 Annual/Perennial herb	4
茄科 Solanaceae	水茄 <i>Solanum torvum</i>	加勒比海 Caribbean Sea	多年生草本 Perennial herb	2
	颠茄 <i>Atropa belladonna</i>	欧洲 Europe	多年生草本 Perennial herb	3
马齿苋科 Portulacaceae	土人参 <i>Talinum paniculatum</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生或多年生草本 Annual/Perennial herb	4
	毛马齿苋 <i>Portulaca pilosa</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生或多年生草本 Annual/Perennial herb	5
锦葵科 Malvaceae	赛葵 <i>Malvastrum coromandelianum</i>	美洲 America	多年生草本 Perennial herb	2
	黄花稔 <i>Sida acuta</i>	热带美洲 Trop. Amer.	灌木 Shrub	4
鸭跖草科 Commelinaceae	吊竹梅 <i>Tradescantia zebrina</i>	热带美洲 Trop. Amer.	多年生草本 Perennial herb	5
玄参科 Scrophulariaceae	野甘草 <i>Scoparia dulcis</i>	热带美洲 Trop. Amer.	多年生草本 Perennial herb	2
紫葳科 Bignoniaceae	阿拉伯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	西亚 W. Asia	一年生或二年生草本 Annual/Biennial herb	3
	猫爪藤 <i>Macfadyena unguis-cati</i>	热带美洲 Trop. Amer.	多年生草质藤本 Perennial herbaceous liana	3
唇形科 Lamiaceae	田野水苏 <i>Stachys arvensis</i>	欧洲、西亚和北非 Europe, W. Asia and N. Africa	一年生草本 Annual herb	4
马鞭草科 Verbenaceae	马缨丹 <i>Lantana camara</i>	热带美洲 Trop. Amer.	灌木 Shrub	1
紫茉莉科 Nyctaginaceae	紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生草本 Annual herb	2
藜科 Chenopodiaceae	土荆芥 <i>Dysphania ambrosioides</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生或多年生草本 Annual/Perennial herb	1
落葵科 Basellaceae	落葵薯 <i>Anredera cordifolia</i>	南美洲 S. Amer.	多年生草质藤本 Perennial herbaceous liana	1
天南星科 Araceae	大藻 <i>Pistia stratiotes</i>	巴西 Brazil	一年生草本 Annual herb	1
雨久花科 Pontederiaceae	凤眼蓝 <i>Eichhornia crassipes</i> Solme	巴西 Brazil	一年生草本 Annual herb	1
牻牛儿苗科 Geraniaceae	野老鹳草 <i>Geranium carolinianum</i>	北美洲 N. Amer.	一年生草本 Annual herb	2
商陆科 Phytolaccaceae	垂序商陆 <i>Phytolacca americana</i>	北美洲 N. Amer.	多年生草本 Perennial herb	2
夹竹桃科 Apocynaceae	长春花 <i>Catharanthus roseus</i>	马达加斯加 Madagascar	亚灌木 Subshrub	3
柳叶菜科 Onagraceae	草龙 <i>Ludwigia hyssopifolia</i> exell.	热带美洲 Trop. Amer.	一年生草本 Annual herb	4
石竹科 Caryophyllaceae	鹅肠菜 <i>Myosoton aquaticum</i>	欧洲 Europe	二年或多年生草本 Biennial/Perennial herb	4
荨麻科 Urticaceae	小叶冷水花 <i>Pilea microphylla</i>	热带美洲 Trop. Amer.	一年生草本 Annual herb	4
酢浆草科 Oxalidaceae	红花酢浆草 <i>Oxalis corymbosa</i>	热带美洲 Trop. Amer.	多年生草本 Perennial herb	4
凤仙花科 Balsaminaceae	凤仙花 <i>Impatiens balsamina</i>	南亚、东南亚 S. and SE. Asia	一年生草本 Annual herb	4
景天科 Crassulaceae	落地生根 <i>Bryophyllum pinnatum</i>	马达加斯加 Madagascar	多年生草本 Perennial herb	5
桔梗科 Campanulaceae	穿叶异檐花 <i>Triodanis perfoliata</i>	北美洲 N. Amer.	一年生草本 Annual herb	5

表 2 福建省农田生态系统外来入侵植物科的种类组成

Table 2 Species composition of alien invasive family in farmland ecosystems of Fujian					
科 Family	种数 Number of species	%	科 Family	种数 Number of species	%
菊科 Asteraceae	22	27.85	十字花科 Cruciferae	3	3.80
苋科 Amaranthaceae	7	8.86	茄科 Solanaceae	2	2.53
豆科 Leguminosae	5	6.33	马齿苋科 Portulacaceae	2	2.53
禾本科 Gramineae	5	6.33	锦葵科 Malvaceae	2	2.53
旋花科 Convolvulaceae	5	6.33	玄参科 Scrophulariaceae	2	2.53
大戟科 Euphorbiaceae	5	6.33	其他科 Other families	19	24.05

藤本植物 7 种(8.86%), 亚灌木和灌木各有 2 种(2.53%)。

2.3 入侵植物的原产地

福建省农田生态系统中 79 种外来入侵植物的原产地频次共计 84 次(其中 5 物种原产于多个洲,重复计数)(表 1)。原产于美洲的种类最多, 为 59 频次, 占总种数的 70.24%; 原产于欧洲的 9 频次(占 10.71%); 原产于亚洲和非洲的均为 8 频次(分别占 10.91%)。

福建省农田生态系统中的外来入侵植物以起源于美洲的比例最高, 其中漳州市农田生态系统中 84.21%的外来入侵植物来源于美洲; 原产于非洲的入侵植物占 5.26%~11.63%; 原产于欧洲的入侵植物占 3.33%~17.39%; 原产于亚洲的入侵植物占 3.92%~13.04% (图 2)。

2.4 入侵等级

在 79 种入侵植物中, 入侵等级为恶性入侵(1 级)的有 9 科 22 种, 占总种数的 27.85%; 严重入侵(2 级)的有 13 科 22 种(占 27.85%); 局部入侵(3 级)的有 7 科 9 种(占 11.39%); 一般入侵(4 级)的有 14 科 18 种(占 22.78%)和有待观察的(5 级)有 7 科 8

种(占 10.13%)(表 1)。在 1 级恶性入侵植物中, 菊科 11 种, 苋科 3 种, 旋花科 2 种, 其他 6 科各 1 种; 2 级严重入侵植物中, 菊科 4 种, 豆科和苋科各 3 种, 禾本科和旋花科各 2 种; 3 级局部入侵植物中, 大戟科 3 种, 其他科各 1 种; 4 级一般入侵植物中, 菊科 4 种, 十字花科 2 种; 5 级具有潜在危害的有待观察类入侵植物中, 菊科 2 种, 其他科各 1 种(图 2)。

2.5 入侵植物的分布格局和分布类型

外来入侵植物在福州市农田生态系统中的分布最集中、种类最丰富, 共调查到 52 种; 其次是厦门市 50 种; 龙岩市、宁德市、泉州市、三明市、漳州市和南平市分别为 43、42、41、39、38 和 37 种; 莆田市农田生态系统中入侵植物种类最少, 为 28 种。不同农田类型中, 以旱地的入侵植物种类最多, 有 74 种; 其次是果园, 有 54 种; 菜田有 44 种; 水田和茶园的较少, 分别为 28 和 25 种(图 3)。

从分布区域看, 在全省 9 个地市均有分布的全域分布种有 13 种, 占总种数的 16.46%, 包括藿香蓟、小蓬草、空心莲子草、假臭草、反枝苋、野茼蒿、马缨丹、红花酢浆草、鳢肠、鬼针草、垂序商陆、飞扬草、钻叶紫菀; 广域分布种为 18 种, 占

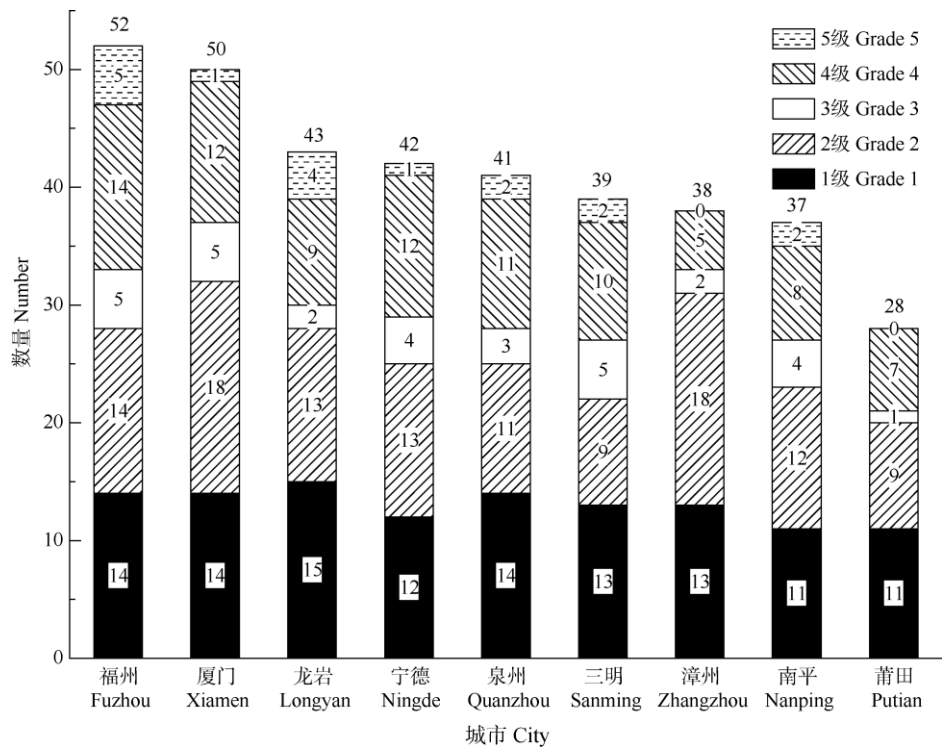


图 2 福建省地级市农田生态系统外来入侵植物的入侵等级

Fig. 2 Invasion grades of alien invasive species in prefecture-level cities in farmland ecosystems in Fujian Province

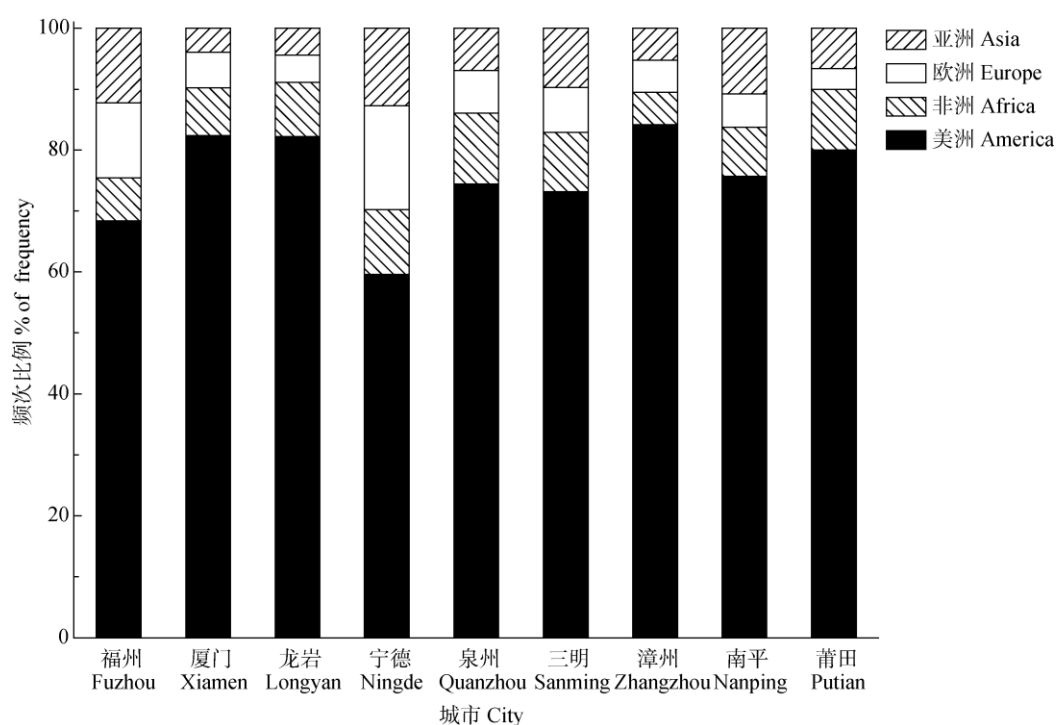


图 3 福建省农田生态系统外来入侵植物的原产地

Fig. 3 Origin of alien invasive plants in farmland ecosystems of Fujian

总种数的 22.78%，包括白花鬼针草、南美蟛蜞菊、臭芥、黄花稔、田野水苏、土荆芥、小叶冷水花、熊耳草、青葙、猪屎豆、野甘草、牛膝菊、裸柱菊、刺苋、凹头苋、皱果苋、三裂叶薯、鹅肠菜；局域分布种和窄域分布种分别有 22 和 26 种，占总种数的 27.85%和 32.91%，局域分布的有银胶菊、含羞草、红毛草、南欧大戟、水茄、毛马齿苋、吊竹梅、长春花、菊芋、蓖麻、芥、落葵薯、棕叶狗尾草、裂叶牵牛、茛苕、匍匐大戟、颠茄、赛葵、阿拉伯婆婆纳、紫茉莉、凤眼蓝、草龙，窄域分布的有飞机草、豚草、秋英、翼茎阔苞菊、北美苋、白车轴草、互花米草、野燕麦、土人参、猫爪藤、凤仙花、穿叶异檐花、加拿大一枝黄花、一年蓬、春飞蓬、苦苣菜、巴西含羞草、草木犀、丝毛雀稗、五爪金龙、圆叶牵牛、通奶草、北美独行菜、大藻、野老鹳草、落地生根。

从农田类型看，在 6 种农田类型中均有分布的全域分布种有 11 种，占总种数的 13.92%，包括鬼针草、藿香蓟、假臭草、小蓬草、钻叶紫菀、野茼蒿、鳢肠、空心莲子草、皱果苋、马缨丹、红花酢浆草；广域分布种和局域分布种分别有 34 和 18 种，分别占总种数的 43.04%和 22.78%，广域分布的有白花鬼针草、豚草、银胶菊、南美蟛蜞菊、牛膝菊、

熊耳草、裸柱菊、刺苋、反枝苋、凹头苋、青葙、猪屎豆、草木犀、红毛草、裂叶牵牛、三裂叶薯、茛苕、蓖麻、飞扬草、匍匐大戟、芥、颠茄、毛马齿苋、赛葵、黄花稔、野甘草、阿拉伯婆婆纳、田野水苏、紫茉莉、土荆芥、落葵薯、垂序商陆、鹅肠菜、小叶冷水花；局域分布的有加拿大一枝黄花、春飞蓬、苦苣菜、翼茎阔苞菊、巴西含羞草、含羞草、白车轴草、互花米草、野燕麦、丝毛雀稗、棕叶狗尾草、圆叶牵牛、南欧大戟、北美独行菜、臭芥、水茄、野老鹳草、穿叶异檐花；窄域分布种 16 种，占总种数的 20.25%，包括飞机草、菊芋、秋英、五爪金龙、通奶草、北美苋、土人参、吊竹梅、猫爪藤、长春花、草龙、凤仙花、一年蓬、落地生根、大藻、凤眼蓝。

3 结论和讨论

本研究调查表明，福建省仅农田生态系统的外来入侵植物已达 30 科 65 属 79 种，比罗明永^[10]和杨坚^[11]报道的种类多。福建省适宜的自然条件为外来入侵植物的生长繁殖提供了良好环境，加之近年来全球化贸易的繁荣推进和交通、旅游业的快速发展，对外交流不断扩大，为外来植物的入侵提供了

便利的通道,导致入侵植物的种类和数量增加,入侵现象日益严重。在调查的入侵植物中,以菊科植物种类最多,可能是因为菊科植物的种子数量大、具冠毛、易于传播等,导致其分布范围广,产生危害大^[26]。

福建省农田生态系统的外来入侵植物以草本植物种类最多,高达 68 种,占总种数的 86.08%,尤其是一年或二年生草本植物有 42 种,这可能是其生长周期短、种子数量多、繁殖速度快且适应性强,在入侵过程中更具优势^[27]。从入侵植物原产地来看,原产于美洲地区的植物种类远高于原产非洲、欧洲和亚洲的。福建省地处亚热带海洋性季风气候区,与热带美洲、非洲等热带或亚热带地区的气候有一定的相似性,为入侵植物提供了适宜的生长环境。从入侵等级来看,恶性入侵(1 级)的物种有 9 科 22 种,2 级严重入侵植物 22 种,应加强其动态监控和防控,降低其危害程度^[28]。3 级局部入侵、4 级一般入侵和 5 级有待观察类分别占 11.39%、22.78%和 10.13%,虽然尚未对入侵地造成严重危害,但是入侵植物的入侵机制非常复杂,其某些特性可以随生长环境的改变而进化^[29],对弱入侵性植物要做好潜在入侵植物的风险分析与预警,防患于未然。

从分布格局来看,福州市和厦门市农田生态系统中的外来入侵植物种类最多,说明作为重要沿海港口,经济发达、交通便利以及高强度的人类活动促进了入侵植物的迅速扩张和蔓延^[9,30]。调查还发现,入侵植物的分布具有明显的地理特征,广域分布种白花鬼针草和局域分布种银胶菊在福建南部(如漳州、厦门等)的农田生态系统中发生较重;窄域分布种豚草在龙岩地区大量发生;互花米草主要分布于宁德等沿海滩涂。不同类型的农田中,以旱地中的入侵植物种数最多,水田和茶园的物种数较少,这可能与种植面积和生境特点有关,旱地作物田常年种植农作物,适应的土壤、肥力等条件为入侵植物的生长提供了有利环境,而水田和茶园的的特殊生境决定其入侵植物种类数量偏少^[12]。按分布区域划分的全域分布种有 13 种,其中 8 种为 1 级恶性入侵物种,按农田类型划分的全域分布种中有 8 种也属于 1 级恶性入侵物种,且在全省各地区分布并定殖,严重威胁农田生态系统的生物多样性^[31-33]。

福建省农田生态系统尤其是旱地作物田中外

来入侵植物种类繁多,恶性入侵(1 级)和严重入侵植物(2 级)占入侵植物总数的比例较高,对我省农田作物造成极大威胁,因此,在外来入侵植物的防控中可以从以下 3 个方面入手:一是继续开展入侵植物的踏查工作,同时对其生物学特性、种群数量、分布面积、危害程度及扩散潜力等开展进一步的研究与分析,为农田生态系统入侵植物的防控提供基础参考;二是要重点关注源头的控制,尤其是来自美洲的外来植物,加强口岸和自贸区等关键区域的检验检疫和外来植物的疫情监测与防控,尽可能避免无意传入并扩散;同时,相关部门应该加强对入侵植物的多样性与格局、入侵机制及管理与控制等开展深入研究,为入侵植物的预警预防和科学治理提供参考,以保护农田生态系统的生物多样性和生态安全。

参考文献

- [1] WAN F H, GUO J Y, WANG D H. Alien invasive species in China: their damages and management strategies [J]. *Biodiv Sci*, 2002, 10(1): 119–125. doi: 10.3321/j.issn:1005-0094.2002.01.015.
万方浩, 郭建英, 王德辉. 中国外来入侵生物的危害与管理对策 [J]. *生物多样性*, 2002, 10(1): 119–125. doi: 10.3321/j.issn:1005-0094.2002.01.015.
- [2] KHUROO A A, RESHI Z A, MALIK A H, et al. Alien flora of India: Taxonomic composition, invasion status and biogeographic affiliations [J]. *Biol Invas*, 2012, 14(1): 99–113. doi: 10.1007/s10530-011-9981-2.
- [3] WANG G H, BAI F, SANG W G. Spatial distribution of invasive alien animal and plant species and its influencing factors in China [J]. *Plant Sci J*, 2017, 35(4): 513–524. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2017.40513.
王国欢, 白帆, 桑卫国. 中国外来入侵生物的空间分布格局及其影响因素 [J]. *植物科学学报*, 2017, 35(4): 513–524. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2017.40513.
- [4] XU H G, QIANG S. China's Invasive Alien Species [M]. Beijing: Science Press, 2018: 2–6.
徐海根, 强胜. 中国外来入侵生物 [M]. 北京: 科学出版社, 2018: 2–6.
- [5] XU H G, WANG J M, QIANG S, et al. Study of Key Issues Under the Convention on Biological Diversity: Alien Species Invasion, Biosafety, Genetic Resources [M]. Beijing: Science Press, 2004: 2–4.
徐海根, 王建民, 强胜, 等. 《生物多样性公约》热点研究: 外来物种入侵·生物安全·遗传资源 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 2–4.
- [6] JIANG H, FAN Q, LI J T, et al. Naturalization of alien plants in China

- [J]. *Biodivers Conserv*, 2011, 20(7): 1545–1556. doi: 10.1007/s10531-011-0044-x.
- [7] WINTER M, KÜHN I, LA SORTE F A, et al. The role of non-native plants and vertebrates in defining patterns of compositional dissimilarity within and across continents [J]. *Glob Ecol Biogeogr*, 2010, 19(3): 332–342. doi: 10.1111/j.1466-8238.2010.00520.x.
- [8] LI Z P, ZHAO J, CHEN Y B, et al. Spatial variation and driving factors of invasive plants in Fujian Province, China [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2019, 30(8): 2682–2690. doi: 10.13287/j.1001-9332.201908.010.
- 李志鹏, 赵健, 陈业滨, 等. 福建省主要入侵植物空间分异及其影响因素 [J]. *应用生态学报*, 2019, 30(8): 2682–2690. doi: 10.13287/j.1001-9332.201908.010.
- [9] LI G P, LIN S, ZHANG J, et al. Alien invasive plants in Wuyishan City, China [J]. *Chin J Trop Crops*, 2014, 35(4): 794–800. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2014.04.030.
- 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. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2014.04.030.
- [10] LUO M Y. Preliminary study on main foreign invasion species in Fujian [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 2008, 35(2): 167–170. doi: 10.3969/j.issn.1002-7351.2008.02.039.
- 罗明永. 福建主要外来入侵植物的初步调查研究 [J]. *福建林业科技*, 2008, 35(2): 167–170. doi: 10.3969/j.issn.1002-7351.2008.02.039.
- [11] YANG J, CHEN H B. A preliminary study on alien invasive plants in Fujian Province [J]. *Subtrop Plant Sci*, 2009, 38(3): 47–52. doi: 10.3969/j.issn.1009-7791.2009.03.013.
- 杨坚, 陈恒彬. 福建外来入侵植物初步研究 [J]. *亚热带植物科学*, 2009, 38(3): 47–52. doi: 10.3969/j.issn.1009-7791.2009.03.013.
- [12] QIANG S, CHEN G Q, LI B P, et al. Invasive alien species in Chinese agricultural ecosystems and their management [J]. *Biodiv Sci*, 2010, 18(6): 647–659. doi: 10.3724/SP.J.2010.647.
- 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. doi: 10.3724/SP.J.2010.647.
- [13] Compilation Committee of Local Records of Fujian Province. Overview of General Local Records of Fujian Province [M]. Beijing: Publishing House of Local Records, 2002: 1–5.
- 福建省地方志编纂委员会. 福建省志 总概述 [M]. 北京: 方志出版社, 2002: 1–5.
- [14] LI Y C, WANG C J, YE J, et al. Spatial-temporal variation and impact factor of carbon source and sink of farmland ecosystem in Fujian [J]. *Fujian J Agric Sci*, 2014, 29(11): 1098–1103.
- 李艳春, 王成己, 叶菁, 等. 福建省农田生态系统碳源/汇时空变化及其影响因素分析 [J]. *福建农业学报*, 2014, 29(11): 1098–1103.
- [15] Statistical Office of Fujian, Fujian Survey Team of National Bureau of Statistics. *Fujian Statistical Yearbook*, 2019 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2019: 265–267.
- 福建省统计局, 国家统计局福建调查总队. *福建统计年鉴*, 2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019: 265–267.
- [16] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, Chinese Academy of Sciences. Notice on the release of the first list of invasive alien plants in China [EB/OL]. (2003–01–10). http://www.gov.cn/gongbao/content/2003/content_62285.htm.
- 环保总局, 中国科学院. 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). http://www.gov.cn/gongbao/content/2003/content_62285.htm.
- [17] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. Notice on the release of the second list of invasive alien plants in China [EB/OL]. (2010–01–07). http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201001/t20100126_184831.htm.
- 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). http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201001/t20100126_184831.htm.
- [18] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, Chinese Academy of Sciences. Notice on the release of the third list of invasive alien plants in China [EB/OL]. (2014–08–20). http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201408/t20140828_288367.htm.
- 环境保护部, 中国科学院. 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). http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201408/t20140828_288367.htm.
- [19] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, Chinese Academy of Sciences. Notice on the release of the forth list of invasive alien plants in China's natural ecosystems [EB/OL]. (2016–12–20). http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201612/t20161226_373636.htm.
- 环境保护部, 中国科学院. 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). http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201612/t20161226_373636.htm.
- [20] Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. National key management list of invasive alien species, First batch [EB/OL]. (2013–02–01). http://www.moa.gov.cn/nybg/2013/dsanq/201712/t20171219_6119282.htm.
- 中华人民共和国农业部. 国家重点管理外来入侵物种名录(第一批) [EB/OL]. (2013–02–01). http://www.moa.gov.cn/nybg/2013/dsanq/201712/t20171219_6119282.htm.
- [21] ZHANG G L, FU W D, LIU K. Agricultural Major Alien Invasive

- Organisms [M]. Beijing: Science Press, 2008: 23–136.
- 张国良, 付卫东, 刘坤. 农业重大外来入侵生物 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 23–136.
- [22] MA J S, LI H R. The Checklist of the Alien Invasive Plants in China [M]. Beijing: Higher Education Press, 2018: 2–249.
- 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: 2–249.
- [23] WAN F H, LIU Q R, XIE M, et al. Biological Invasions: Color Illustrations of Invasive Alien Plants in China [M]. Beijing: Science Press, 2012: 2–285.
- 万方浩, 刘全儒, 谢明, 等. 生物入侵: 中国外来入侵植物图鉴 [M]. 北京: 科学出版社, 2012: 2–285.
- [24] YAN X L, LIU Q R, SHOU H Y, et al. The categorization and analysis on the geographic distribution patterns of Chinese alien invasive plants [J]. Biodiv Sci, 2014, 22(5): 667–676. doi: 10.3724/SP.J.1003.2014.14069.
- 闫小玲, 刘全儒, 寿海洋, 等. 中国外来入侵植物的等级划分与地理分布格局分析 [J]. 生物多样性, 2014, 22(5): 667–676. doi: 10.3724/SP.J.1003.2014.14069.
- [25] YUE M F, FAN B L, TIAN X S, et al. Investigation and hazard evaluation of exotic invasive plants in agricultural ecosystems in Guangdong Province [J]. J Biosafety, 2011, 20(2): 141–146.
- 岳茂峰, 樊蓓莉, 田兴山, 等. 广东省农业生态系统外来入侵植物的种类调查与危害评估 [J]. 生物安全学报, 2011, 20(2): 141–146.
- [26] JIANG A L, ZHU S S, LI X Y, et al. Dynamic changes in alien invasive plants in Guangzhou during 2008–2016 [J]. J Trop Subtrop Bot, 2017, 25(3): 288–298. doi: 10.11926/jtsb.3681.
- 蒋奥林, 朱双双, 李晓瑜, 等. 2008–2016 年间广州市外来入侵植物的变化分析 [J]. 热带亚热带植物学报, 2017, 25(3): 288–298. doi: 10.11926/jtsb.3681.
- [27] HU G, ZHANG Z H. Alien invasive plants in Nanning, China [J]. J Trop Subtrop Bot, 2012, 20(5): 497–505. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2012.05.011.
- 胡刚, 张忠华. 南宁的外来入侵植物 [J]. 热带亚热带植物学报, 2012, 20(5): 497–505. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2012.05.011.
- [28] YUAN W Y, FENG J, ZHANG X Y, et al. Responses of growth of *Wedelia trilobata* and *W. chinensis* to soil nutrients [J]. Chin J Ecol, 2017, 36(4): 962–970. doi: 10.13292/j.1000-4890.201704.026.
- 袁伟影, 冯进, 张晓雅, 等. 入侵植物南美蟛蜞菊和本土蟛蜞菊生长对土壤养分的响应 [J]. 生态学杂志, 2017, 36(4): 962–970. doi: 10.13292/j.1000-4890.201704.026.
- [29] YAN J, YAN X L, WANG Z H, et al. Distribution pattern and rating of alien invasive plants in Anhui Province [J]. Plant Sci J, 2017, 35(5): 679–690. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2017.50679.
- 严靖, 闫小玲, 王樟华, 等. 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. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2017.50679.
- [30] LIU J, LIANG S C, LIU F H, et al. Invasive alien plant species in China: Regional distribution patterns [J]. Divers Distrib, 2005, 11(4): 341–347. doi: 10.1111/j.1366-9516.2005.00162.x.
- [31] ZHONG J D, ZHOU H B, LIU K D, et al. Comparative study on seed biological characteristics of three invasive Compositae species [J]. J Weed Sci, 2016, 34(2): 7–11. doi: 10.3969/j.issn.1003-935X.2016.02.002.
- 钟军弟, 周宏彬, 刘锴栋, 等. 3 种菊科入侵植物白花鬼针草、胜红蓟和假臭草的种子生物学特性比较研究 [J]. 杂草学报, 2016, 34(2): 7–11. doi: 10.3969/j.issn.1003-935X.2016.02.002.
- [32] PAN Y M, TANG S C, CEN Y X, et al. Biomass allocation on the modules of *Aster subulatus* Michx. population at flowering stage [J]. J Trop Subtrop Bot, 2010, 18(2): 176–181. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2010.02.011.
- 潘玉梅, 唐赛春, 岑艳喜, 等. 钻形紫菀开花期种群构件的生物量分配 [J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(2): 176–181. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2010.02.011.
- [33] WANG Z, DONG S Y, LUO Y Y, et al. Invasive plants in Guangzhou, China [J]. J Trop Subtrop Bot, 2008, 16(1): 29–38. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2008.01.005.
- 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. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2008.01.005.