

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2022.02.006

江门市砂质海岸外来入侵植物分析

魏 雷¹, 陈鸿生¹, 陈 朋², 王永生¹, 杨蕾蕾^{2*}

¹国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站, 广东 汕尾 516600; ²深圳市中国科学院仙湖植物园
深圳市亚热带植物多样性重点实验室, 广东 深圳 518004

摘要:【目的】掌握江门市砂质海岸外来植物入侵现状,为江门市砂质海岸外来入侵植物早期预警、防控和生态系统的保护修复提供基础数据。【方法】采用实地调查、植物群落样方调查和查阅资料相结合的方法对江门市砂质海岸外来入侵植物的种类组成、原产地、区系及功能性状等进行统计和分析。【结果】江门市砂质海岸外来入侵植物共有 22 种,隶属 12 科 22 属,种类最多的是菊科(6 种)、禾本科(3 种)和豆科(3 种),分别占总种数的 27.27%、13.64%和 13.64%;出现频度最高是鬼针草(90.91%)。危害等级以恶性入侵(Ⅰ级)和严重入侵种(Ⅱ级)占比最高,合计占总种数的 68.18%。科和属的区系分布类型均以泛热带、热带亚洲及热带美洲类型占主导地位,原产地以美洲地区的频次最多,占总种数的 83.33%。生长型以草本植物为主,占总种数的 68.18%;生活型以地面芽和一年生植物种数最多,合计占总种数的 54.54%;果实类型以瘦果居多,占总种数的 31.82%。【结论】江门市砂质海岸外来植物入侵形势严峻,对其生态系统造成极大的威胁。建议加强江门市砂质海岸外来入侵植物科学防治,因地制宜开展受损生境改造,推广乡土植物应用,建立海岸防护林。

关键词: 砂质海岸; 外来入侵植物; 危害等级; 植物功能性状



开放科学标识码
(OSID 码)

Analysis of alien invasive plant on sandy coasts in Jiangmen City (Guangdong, China)

WEI Lei¹, CHEN Hongsheng¹, CHEN Peng², WANG Yongsheng¹, YANG Leilei^{2*}

¹Shanwei Marine Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration, Shanwei, Guangdong 516600, China;

²Laboratory of Southern Subtropical Plant Diversity, FairyLake Botanical Garden,
Shenzhen & Chinese Academy of Sciences, Shenzhen, Guangdong 518004, China

Abstract: 【Aim】 To investigate the status of alien invasive plants and provide basic data for early warning, prevention, control, and ecosystem protection on the sandy coasts of Jiangmen City. 【Method】 Field investigations and plant community quadrat investigations were conducted to analyze the species composition, origin, flora, and functional traits of alien invasive plants on the sandy coasts of Jiangmen City. 【Result】 A total of 22 invasive alien species were identified, belonging to 22 genera and 12 families, with *Bidens pilosa* being the most frequently occurring species (90.91%). Asteraceae (six species), Poaceae (three species), and Fabaceae (three species) were the most abundant families, accounting for 27.27%, 13.64%, and 13.64% of the total number of species, respectively. According to threat grade (TD) assessment, 68.18% (highest) of the total number of species fell under most threatening invasive (grade I) or serious invasion species (grade II) grades. Most of the invasive alien plants showed pantropic, tropical Asia and tropical America distribution. The highest (83.33%) number of species originated from America. The growth type was dominated by herbaceous plants (68.18%), and the growth form was dominated by hemicryptophytes and therophytes (54.54%). Achene was the most common fruit type (31.82%). 【Conclusion】 The situation of alien plant invasion on the sandy coasts of Jiangmen City is serious and may pose a great threat to the local ecosystem. Therefore, improving prevention and control measures against invasive alien plants, restoring damaged habitats according to local conditions, promoting the application of indigenous plants, and establishing coastal protection forests are required.

收稿日期(Received): 2021-09-09 接受日期(Accepted): 2021-11-19

基金项目: 广东省平台基地及科技基础条件建设项目(2021B1212050025); 国家海洋局南海分局海洋科学技术局长基金(1534); 深圳市城管科研项目(202007)

作者简介: 魏雷, 男, 工程师。研究方向: 海洋生物多样性保护与海洋环境监测。E-mail: 693417685@qq.com

* 通信作者(Author for correspondence): 杨蕾蕾, E-mail: yangleilei@szbg.ac.cn

Key words: sandy coasts; alien invasive plant; threat grade; functional traits

外来入侵植物是指通过有意或者无意的人类活动而克服地理屏障,被引入到自然分布区以外,并能够在传入生境中自然生长和繁殖,最终对其传入地的生态系统 and 经济造成严重威胁的植物(Pyšek *et al.*, 2004; Richardson *et al.*, 2000)。外来植物入侵被认为是除生境破坏以外导致生物多样性丧失的第二大因素,已成为全球关注和研究的热点问题(Enserink, 1999; Simberloff *et al.*, 2013)。随着我国经济发展和全球一体化进程的加快,外来植物入侵的程度和危害日益严峻,如恶性入侵植物微甘菊 *Mikania micrantha* Kunth、五爪金龙 *Ipomoea cairica* (L.) Sweet、紫茎泽兰 *Ageratina adenophora* (Spreng.) R.M.King & H.Rob、互花米草 *Spartina alterniflora* Loisel. 等的入侵和蔓延,已经对我国的生态、生物多样性和经济建设造成了严重影响(彭宗波等, 2013; 万方浩等, 2002; 王大卫等, 2020; 王宇涛等, 2013; 闫小玲等, 2012)。

砂质海岸是海岸带最为常见的地貌单元,是陆地与海洋生态系统的过渡地带(戚洪帅等, 2021; 王厚军等, 2021; 毋亭和侯西勇, 2016)。受海岸极端生境及人类频繁活动的影响,砂质海岸植物种类相对匮乏,优势种明显,群落盖度低,生态相对敏感和脆弱(黄磊, 2010; 王宏信等, 2019; 赵艳云等, 2014),更容易遭受外来植物入侵(黄建辉等, 2003; 赵蒙蒙等, 2019)。目前,针对某一地方生态系统的外来入侵植物研究成为众多学者研究的热点,已有研究分别对湿地生态系统(谢勇等, 2020; 张晓青等, 2017; Campos *et al.*, 2004)、农田生态系统(李建宇等, 2020; 岳茂峰等, 2011)、岛屿型生态系统(欧健, 2008; 朱峻熠等, 2020; 朱淑霞等, 2019)、红树林生态系统(曹飞等, 2007; 肖生鸿等, 2019)、城市绿地(邓亨宁等, 2020; 史梦竹等, 2020)等外来植物入侵现状与危害进行了分析。但关于砂质海岸生态系统外来植物入侵系统性研究鲜有报道。本研究通过对江门市辖区内分布的砂质海岸外来入侵植物的种类组成、原产地、入侵等级、植物功能性状等进行研究,探讨砂质海岸外来入侵植物的入侵机制,以期江门市砂质海岸外来入侵植物早期预警、防控和生态系统的保护修复提供基础数据。

1 调查区概况和研究方法

1.1 调查区概况

江门市辖区内的砂质海岸主要分布于广海湾、镇海湾等海湾沿岸(112°18'18.30"—112°58'7.81"E, 21°42'28.57"—21°53'17.88"N)。调查区濒临南海,属亚热带海洋性季风气候,气候温暖湿润,年平均温度 22.3℃。1 和 7 月平均温度分别为 14.2 和 28.4℃,年、日温差较小;最低、最高温度分别为 2.0 和 38.3℃;月均降水量 166.88 mm,4—9 月为雨季,降水量占全年降水量的 85.06%。

1.2 研究方法

依据遥感影像资料及砂质海岸的分布,选择江门市辖区内分布在广海湾、镇海湾等海湾沿岸的砂质海岸,设置 22 个调查点,调查点走向与海岸垂直。采用实地调查、植物群落样方调查对江门市砂质海岸外来入侵植物进行调查、拍照和采集标本。根据植被情况,每个调查点设 4~16 个样方,其中,乔木样方面积为 10 m×10 m;灌木样方面积为 5 m×5 m;草本植物样方面积为 1 m×1 m;藤本植物生长在乔木林中的样方面积为 10 m×10 m,生长在灌木丛中的样方面积为 5 m×5 m。详细记录样方群落类型、种类组成、优势种等,乔木记录物种名、高度、盖度、生活力、株数、胸径和冠幅;灌木、草本及藤本植物记录物种名、高度、盖度、生活力、株数。

外来入侵植物区系参考吴征镒(1991, 2003)的方法进行分析,外来入侵植物危害等级和原产地信息参考中国外来入侵物种信息系统(<http://www.iplant.cn/ias/>)、马金双(2013)和闫小玲等(2014)相关文献资料进行划分和统计。外来入侵植物危害程度分为 5 个等级:Ⅰ级,恶性入侵类;Ⅱ级,严重入侵类;Ⅲ级,局部入侵类;Ⅳ级,一般入侵类;Ⅴ级,有待观察类。原产地按地理学 7 大洲进行划分并以频次计算统计(侯新星等, 2019),对原产于美洲的外来植物统计为北美洲和南美洲各 1 次,原产于热带美洲的统计为南美洲 1 次。

选择生长型、生活型和果实类型等指标进行植物功能性状分析(侯新星等, 2019; 王蕙等, 2021; 张斯斯和肖宜安, 2013),其中,生长型分为乔木、灌木、藤本、一年生草本和多年生草本(陈有民, 2011);生活型分为高位芽植物、地上芽植物、地面芽植物、隐

芽植物和一年生植物(Raunkiaer,1934);果实类型为瘦果、颖果、蒴果、浆果等(贺学礼,2017)。

2 结果与分析

2.1 外来入侵植物现状、危害程度及分布频度

江门市砂质海岸有外来入侵植物 22 种,隶属 12 科 22 属(表 1)。其中,菊科种数最多,有 6 种,占入侵植物总数的 27.27%;豆科和禾本科各有 3

种,各占总种数的 13.64%;锦葵科有 2 种,占总种数的 9.09%;夹竹桃科、马鞭草科、茜草科、苋科、紫茉莉科、西番莲科等 8 科各含 1 种。按危害等级分析,22 种外来入侵植物中,恶性入侵(I级)和严重入侵种(Ⅱ级)共有 15 种,占总种数的 68.18%,局部(Ⅲ级)和一般入侵(Ⅳ级)共有 5 种,占总种数的 22.73%,暂未造成危害(V级)有 2 种,占总种数的 9.09%。

表 1 江门市砂质海岸外来入侵植物种类、原产地、危害等级及频度

Table 1 The species composition, origin, threat grade and frequency of alien invasive plant on sandy coasts in Jiangmen					
科 Family	种 Species	原产地 Origin	危害等级 Threat Grade	频度 Frequency/%	
苋科 Amaranthaceae	青葙 <i>Celosia argentea</i>	印度 India	Ⅱ	4.55	
夹竹桃科 Apocynaceae	长春花 <i>Catharanthus roseus</i>	马达加斯加 Madagascar	Ⅲ	9.09	
菊科 Asteraceae	鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	美洲 America	I	90.91	
	飞机草 <i>Chromolaena odorata</i>	墨西哥 Mexico	I	9.09	
	鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	美洲 America	Ⅳ	13.64	
	微甘菊 <i>Mikania micrantha</i>	中、南美洲 Cental and South America	I	4.55	
	假臭草 <i>Praxelis clematidea</i>	南美洲 South America	I	18.18	
	南美蟛蜞菊 <i>Sphagneticola trilobata</i>	热带美洲 Tropical America	Ⅱ	9.09	
	仙人掌科 Cactaceae	仙人掌 <i>Opuntia dillenii</i>	加勒比海 Caribbean Sea	Ⅱ	9.09
	木麻黄科 Casuarinaceae	木麻黄 <i>Casuarina equisetifolia</i>	大洋洲 Oceania	V	27.27
豆科 Fabaceae	光萼猪屎豆 <i>Crotalaria trichotoma</i>	非洲 Africa	Ⅲ	9.09	
	含羞草 <i>Mimosa pudica</i>	热带美洲 Tropical America	Ⅱ	4.55	
	望江南 <i>Senna occidentalis</i>	热带美洲 Tropical America	Ⅲ	4.55	
	锦葵科 Malvaceae	黄花稔 <i>Sida szechuensis</i>	热带美洲 Tropical America	Ⅳ	9.09
紫茉莉科 Nyctaginaceae	蛇婆子 <i>Waltheria indica</i>	热带美洲 Tropical America	Ⅱ	22.73	
	紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i>	热带美洲 Tropical America	Ⅱ	4.55	
西番莲科 Passifloraceae	龙珠果 <i>Passiflora foetida</i>	热带美洲 Tropical America	Ⅱ	27.27	
禾本科 Poaceae	蒺藜草 <i>Cenchrus echinatus</i>	热带美洲 Tropical America	I	18.18	
	红毛草 <i>Melinis repens</i>	非洲 Africa	Ⅱ	59.09	
	铺地黍 <i>Panicum repens</i>	欧洲南部 Southern Europe	Ⅱ	27.27	
茜草科 Rubiaceae	盖裂果 <i>Mitracarpus hirtus</i>	美洲安第斯山区 American Andes	V	13.64	
马鞭草科 Verbenaceae	马缨丹 <i>Lantana camara</i>	热带美洲 Tropical America	I	27.27	

外来入侵植物分布频度分析结果(表 1)显示,出现频度较高的为鬼针草 *Bidens pilosa* L.(频度 90.91%)和红毛草 *Melinis repens* (Willdenow) Zizka(频度 59.09%);出现频度超过 10%的外来入侵植物有 11 种,占总种数的 50%,仅在一个调查点出现的外来入侵植物有 5 种。调查点统计结果(扫描右侧二维码,查看详情)显示,22 个调查点都有外来入侵植物分布。其中,13 个调查点外来入侵植物种数超过 4 种,16 个调查点分布有外来入侵植物形成的优势群落。



2.2 外来入侵植物原产地及区系分析

江门市砂质海岸有外来入侵植物 22 种,共计 24 频次(表 1)。原产南美洲的频次最多(15 次),占总频次的 62.50%;其次分别为北美洲 5 次(20.83%)、非洲 3 次(12.50%);亚洲、欧洲、大洋洲均 1 次(4.17%)。可见,江门市砂质海岸的外来入侵植物主要来源于美洲。

根据种子植物科的分布区类型统计,江门市砂质海岸外来入侵植物科和属的分布区类型均以泛热带、热带亚洲及热带美洲类型占主导地位,具有强烈的热带区系性质。12 科外来入侵植物可分为 4 种分布区类型,其中,泛热带分布和热带亚洲及热带美洲分布均有 4 科,占绝对优势;热带亚洲至热带大洋洲分布仅 1 科,占 12.75%。22 属可分为 5

种分布区类型,其中,以泛热带分布最多(12 属),其次为热带亚洲及热带美洲(4 属),旧世界热带分布和旧世界温带分布仅包含 2 属和 1 属。

2.3 外来入侵植物功能性状分析

从生长型组成分析,江门市砂质海岸外来入侵植物以草本植物(包含一年生草本和多年生草本)为主,有 15 种,占总种数的 68.18%;灌木、藤本和乔木分别有 4、2 和 1 种,分别占总种数的 18.18%、9.09% 和 4.55%。在生活型上,以地面芽和一年生植物种数最多(均有 6 种),合计占总种数的 54.54%,其次为地上芽植物(4 种),占总种数的 18.18%,高位芽和地下芽植物最少。果实类型则以瘦果、荚果、颖果和浆果居多,分别是 7、3、3 和 3 种,合计占总种数的 72.73%,其他果实类型占比均较小(表 2)。

表 2 江门市砂质海岸外来入侵植物功能性状统计
Table 2 Plant functional characteristics of alien invasive plant on sandy coasts in Jiangmen

植物功能性状 Plant functional characteristics	类型 Style	种数 Number of species	比例 Percentage/%
生长型 Growth form	乔木 Tree	1	4.55
	灌木 Herb	4	18.18
	藤本 Climber	2	9.09
	多年生草本 Perennial herb	9	40.91
	一年生草本 Annual herb	6	27.27
生活型 Life form	高位芽植物 Phanerophyte	3	13.64
	地上芽植物 Chamaephytes	4	18.18
	地面芽植物 Hemicryptophyte	6	27.27
	地下芽植物 Cryptophyte	3	13.64
	一年生植物 Therophyte	6	27.27
果实类型 Fruit type	瘦果 Achene	7	31.82
	荚果 Legume	3	13.64
	颖果 Caryopsis	3	13.64
	浆果 Berry	3	13.64
	蒴果 Capsule	2	9.09
	蓇葖果 Follicle	1	4.55
	分果 Schizocarp	1	4.55
	坚果 Nut	1	4.55
	胞果 Utricle	1	4.55

3 讨论

调查发现,江门市砂质海岸外来入侵植物种类较多,占广东省外来入侵植物总数的 23.66%(王芳等,2009),这可能与江门市砂质海岸独特的地理位置和采捕养殖等人为活动有关。江门市地处广东省中南部、西江下游,毗邻港澳,是粤港澳大湾区重要的节点城市。粤港澳大湾区是我国开放程度最高,经济活力最强的区域之一(李保石等,2020),快速的经济发展和频繁的对外贸易导致生态环境退

化,加快外来植物的入侵和传播的可能性。在调查的过程中发现,江门市砂质海岸周边普遍存在采捕养殖活动。在有采捕养殖活动的调查点,外来入侵植物种类相对偏多、入侵程度相对偏高。采捕养殖活动一方面会破坏砂质海岸的地貌形态,导致原有的沙生植被退化,造成砂质海岸生态位空缺,为外来植物入侵提供环境条件;另一方面人类活动还为外来植物的入侵提供传播媒介。

菊科、禾本科和豆科构成江门砂质海岸外来入侵植物的主体,恶性入侵和严重入侵种类也主要集中在菊科和禾本科。菊科和禾本科之所以能够造成大范围的恶性和严重入侵与其生长和繁殖特征密不可分。菊科植物不仅具有较强的表型可塑性和适应性,还具有结实量大、种子萌发率高、果实传播力强等特点(郝建华等,2009;王桔红和陈文,2014),部分类群还能通过化感作用抑制周围植物的萌发和生长(史生晶等,2019),迅速扩张栖息地,与本土植物争夺生存资源,形成单优或共优群落,致使其原有的植物群落衰退或消失。禾本科植物生长快、适应性强,具有高度进化的花序,加大远距离传播种子的机会(张斯斯和肖宜安,2013;Ricklefs *et al.*,2008)。江门砂质海岸外来入侵的豆科植物也比较多,这主要与豆科植物生活型比较复杂,有草本、灌木,且具有固氮作用,在土壤贫瘠、生长条件恶劣的砂质海岸具有更好的适应性有关(王蕙等,2021)。

江门市砂质海岸外来入侵植物生长型以一年生和多年生的草本植物占比最高,这可能与草本植物具有生活史短、幼苗生长速度快、繁殖能力强、繁殖方式多样、种子数量多、容易扩散等特点有关(张斯斯和肖宜安,2013;Ricklefs *et al.*,2008),使其在竞争中具有明显优势。生活型以地面芽和一年生植物为主,这与其生境特点相适应。砂质海岸水分养分匮乏,一年生植物生长发育周期短,可以在较短时间内完成生活史,产生大量后代,以适应不良生活环境。地面芽植物地下器官发达,储存水分和养分的能力强(黄柳菁等,2017;李振宇和解焱,2002;王蕙等,2021;叶志勇,2017;张增可等,2019)。果实类型以瘦果、荚果、颖果的等为主,此类果实可以通过风力传播,也可以附着在动物或人身上而广泛传播。

江门砂质海岸外来入侵植物科、属区系均表现出强烈的热带性质,均以泛热带分布、热带亚洲和热带美洲间断分布占优势,原产地以美洲地区的植物

比例最大,危害程度最高,这与贺学礼(2017)、闫晓玲等(2014)的研究结果一致。美洲起源的外来植物在江门市砂质海岸具有更好的生态适应性,其原因主要在于江门市与南美洲地区有相似的纬度和环境条件,有利于外来入侵植物的生长繁殖、传播和扩散。因而来自美洲地区的外来物种在江门市生存和扩散的机率更高,入侵风险较大,应引起高度重视。

江门市砂质海岸外来入侵植物恶性和严重入侵植物占比较高,鬼针草、红毛草和铺地黍 *Panicum repens* L.等外来入侵植物分布频度较高,并已在江门市砂质海岸形成优势种群,其中鬼针草在所有的调查点都有分布,并在近一半的调查点形成单优或共优群落,对江门市海岸带生态系统造成极大的威胁。鬼针草、红毛草、马缨丹、铺地黍等外来入侵优势种常与乡土植物形成竞争,导致部分调查点由原来的厚藤 *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br.、单叶蔓荆 *Vitex rotundifolia* Linnaeus f.、老鼠芳 *Spinifex littoreus* (Burm.f.) Merr.为优势种的群落逐渐演变为鬼针草、红毛草等为优势种的群落,从而破坏砂质海岸的生态平衡。在其他地区恶性入侵的假臭草、微甘菊、飞机草 *Chromolaena odorata* (L.) R.M.King & H.Rob.等暂未在江门市砂质海岸形成优势群落,但需积极防治,以防后期形成优势种群,威胁砂质海岸生态安全。此外,望江南 *Senna occidentalis* (L.) Link.、光萼猪屎豆 *Crotalaria trichotoma* Bojer、黄花稔 *Sida szechuensis* Matsuda 等主要散布在砂质海岸后缘,在与本土植物竞争中暂无明显优势。调查还发现,外来入侵植物分布范围随着人类活动频繁程度不同而不同,在存在养虾池塘等人类活动的调查点,外来入侵植物种类偏多、入侵程度偏高。

因此,加强江门市砂质海岸外来入侵植物防治中可以从以下5个方面入手:一是继续开展外来入侵植物的实地调查工作,摸清外来入侵植物的种群数量、分布面积、危害程度等,同时开展对恶性入侵植物马缨丹、铺地黍、鬼针草、红毛草生物学特征、扩散机理的研究工作,为砂质海岸外来入侵植物的防控工作提供基础依据;二是重点对外来入侵植物鬼针草、红毛草、铺地黍等结合其生物学特征和入侵机理进行定期的人工和机械清理工作;三是警惕南美螞蜆菊、微甘菊、蒺藜草 *Cenchrus echinatus* L.等未在江门市砂质海岸造成实质危害的恶性入侵种在砂质海岸的蔓延;四是开展如厚藤、单叶蔓荆、苦郎树

Clerodendrum inerme (L.) Gaertn.、草海桐 *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb.、露兜树 *Pandanus tectorius* Parkinson ex Du Roi 等抗性好、耐受力强的乡土植物的引种驯化繁育工作,为砂质海岸生态修复提供植物资源;五是因地制宜开展受损生境改造,推广乡土植物应用,减少外来植物引种比例,打造具有地方特色植物景观并建立多种类多层次的海岸防护林。

参考文献

曹飞, 宋小玲, 何云核, 强胜, 秦卫华, 蒋明康, 2007. 惠州红树林自然保护区外来入侵植物调查. 植物资源与环境学报 (4): 61-66.

陈有民, 2011. 园林树木学. 北京: 中国林业出版社.

邓亨宁, 廖敏, 鞠文彬, 李蒙, 高信芬, 徐波, 2020. 成都市外来入侵植物种类特征及区系分析. 生物安全学报, 29 (2): 135-141.

郝建华, 刘倩倩, 强胜, 2009. 菊科入侵植物鬼针草的繁殖特征及其与入侵性的关系. 植物学报, 44 (6): 656-665.

贺学礼, 2017. 植物生物学. 北京: 科学出版社.

侯新星, 辛建攀, 陆梦婷, 田如男, 2019. 江苏外来入侵植物区系、生活型及繁殖特性. 生态学杂志, 38 (7): 1982-1990.

黄建辉, 韩兴国, 杨亲二, 白永飞, 2003. 外来种入侵的生物学与生态学基础的若干问题. 生物多样性, 11 (3): 240-247.

黄磊, 2010. 东山岛沙质海岸带植物配置和景观动态研究. 硕士学位论文. 福州: 福建农林大学.

黄柳菁, 张增可, 郑俊鸣, 黄少君, 林丽丽, 王齐, 邓传远, 刘兴诏, 2017. 大陆性海岛野生植物功能性状特征及其演变趋势——以平潭岛为例. 热带亚热带植物学报, 25 (5): 429-437.

李保石, 厉丞烜, 金玉休, 纪鹏, 赵晓龙, 何帅, 2020. 广海湾海域营养盐时空分布及富营养化评价. 海洋环境科学, 39 (5): 657-663.

李建宇, 史梦竹, 郭燕青, 郑丽祯, 吴梅香, 傅建伟, 2020. 福建省农田生态系统外来入侵植物种类及其分布. 热带亚热带植物学报, 28 (6): 547-556.

李振宇, 解焱, 2002. 中国外来入侵种. 北京: 中国林业出版社.

马金双, 2013. 中国入侵植物名录. 北京: 高等教育出版社.

欧健, 2008. 厦门外来物种入侵风险评估研究. 博士学位论文. 厦门: 厦门大学.

彭宗波, 李建华, 蒋英, 王春燕, 蒋菊生, 2013. 海南岛外来植物微甘菊危害现状及入侵动态研究. 亚热带植物科学, 42 (2): 141-145.

戚洪帅, 刘根, 蔡锋, 朱君, 刘建辉, 雷刚, 何岩雨, 郑吉祥, 曹惠美, 2021. 海滩修复养护技术发展趋势与前景. 应用海洋学学报, 40 (1): 111-125.

- 史生晶, 王桔红, 陈文, 陈学林, 2019. 入侵植物鬼针草和鳢肠的化感作用及其入侵性研究. *生态环境学报*, 28(12): 2373-2380.
- 史梦竹, 李建宇, 郭燕青, 胡大鹏, 郑丽祯, 傅建伟, 2020. 福州市公园外来入侵植物初步调查与分析. *生物安全学报*, 29(3): 229-234.
- 万方浩, 郭建英, 王德辉, 2002. 中国外来入侵生物的危害与管理对策. *生物多样性*, 10(1): 119-125.
- 王大卫, 沈文星, 汪浩, 2020. 互花米草入侵对东部沿海生境的影响. *生物学杂志*, 37(6): 104-107.
- 王芳, 王瑞江, 庄平弟, 郭强, 李振荣, 2009. 广东外来入侵植物现状和防治策略. *生态学杂志*, 28(10): 2088-2093.
- 王宏信, 骆娟, 李向林, 2019. 海滨耐盐植物耐盐性及其形态和生理适应性研究进展. *生物学杂志*, 36(6): 86-89.
- 王厚军, 袁广军, 刘亮, 林宁, 2021. 海岸线分类及划定方法研究. *海洋环境科学*, 40(3): 430-434.
- 王蕙, 张沁媛, 崔可宁, 贺同利, 马家乐, 孙淑霞, 张淑萍, 崔文强, 郑培明, 王仁卿, 2021. 山东省海岸砂生植被基本特征及现状分析. *中国科学: 生命科学*, 51(3): 300-313.
- 王桔红, 陈文, 2014. 四种菊科植物开花期构件生物量及表型可塑性比较. *生态学杂志*, 33(8): 2031-2037.
- 王宇涛, 麦菁, 李韶山, 2013. 华南地区严重危害入侵植物薇甘菊和五爪金龙入侵机制研究. *华南师范大学学报(自然科学版)*, 44(4): 1-5.
- 毋亭, 侯西勇, 2016. 海岸线变化研究综述. *生态学报*, 36(4): 1170-1182.
- 吴征镒, 1991. 中国种子植物属的分布区类型. *云南植物研究*, 13(S4): 1-139.
- 吴征镒, 2003. 《世界种子植物科的分布区类型系统》的修订. *云南植物研究*, 24(5): 535-538.
- 肖生鸿, 刘锴栋, 刘晚苟, 钟军弟, 2019. 广东徐闻沿海滩涂红树林保护区入侵植物现状及防治策略. *杂草学报*, 37(4): 22-30.
- 谢勇, 徐永福, 游健荣, 李家湘, 熊磊, 李畅, 2020. 黄金河国家湿地公园外来植物种类组成、区系与入侵危害. *生态学杂志*, 39(11): 3613-3622.
- 闫小玲, 刘全儒, 寿海洋, 曾宪锋, 张勇, 陈丽, 刘演, 马海英, 齐淑艳, 马金双, 2014. 中国外来入侵植物的等级划分与地理分布格局分析. *生物多样性*, 22(5): 667-676.
- 闫小玲, 寿海洋, 马金双, 2012. 中国外来入侵植物研究现状及存在的问题. *植物分类与资源学报*, 34(3): 287-313.
- 叶志勇, 2017. 福建平潭岛种子植物区系地理及外来植物对其影响. *广西植物*, 37(3): 280-293.
- 岳茂峰, 樊蓓莉, 田兴山, 冯莉, 周先叶, 李伟华, 2011. 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. *生物安全学报*, 20(2): 141-146.
- 张斯斯, 肖宜安, 2013. 中国外来入侵植物生活型与性系统多样性. *植物研究*, 33(3): 351-359.
- 张晓青, 骆争荣, 陈世通, 王军峰, 2017. 九龙国家湿地公园外来入侵植物现状及防治对策研究. *南方林业科学*, 45(3): 53-57.
- 张增可, 郑心炫, 林华贞, 林欣, 黄柳菁, 2019. 海岛植物不同演替阶段植物功能性状与环境因子的变化规律. *生态学报*, 39(10): 3749-3758.
- 赵蒙蒙, 寇杰锋, 杨静, 赵文静, 2019. 粤港澳大湾区海岸带生态安全问题与保护建议. *环境保护*, 47(23): 29-34.
- 赵艳云, 陆兆华, 刘京涛, 夏江宝, 2014. 海岸沙丘植物群落分布、适应性和演替研究进展. *湿地科学*, 12(3): 401-408.
- 朱峻熠, 胡军飞, 欧丹燕, 黄燕, 魏子璐, 吴昊正基, 金水虎, 2020. 浙江普陀山外来入侵植物组成及危害现状. *浙江农林大学学报*, 37(4): 737-744.
- 朱淑霞, 蔡厚才, 朱弘, 陈林, 段一凡, 陈万东, 董鹏, 彭智奇, 潘婷婷, 王贤荣, 2019. 浙江南麂列岛外来入侵植物调查及其入侵性分析. *北华大学学报(自然科学版)*, 20(6): 800-805.
- CAMPOS J A, HERRERA M, BIURRUN I, LOIDI J, 2004. The role of alien plants in the natural coastal vegetation in central-northern Spain. *Biodiversity & Conservation*, 13: 2275-2293.
- ENSERINK M, 1999. Predicting invasions: biological invaders sweep in. *Science*, 285: 1834-1836.
- PYŠEK P, RICHARDSON D M, REJMÁNEK M, WEBSTER G L, WILLIAMSON M, KIRSCHNER J, 2004. Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon*, 53(1): 131-143.
- RAUNKIAER C, 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford: The Clarendon Press.
- RICHARDSON D M, PYŠEK P, REJMÁNEK M, BARBOUR M G, PANETTA F D, WEST C J, 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6: 93-107.
- RICKLEFS R E, GUO Q F, QIAN H, 2008. Growth and distribution of introduced plants form in their native and non-native ranges in Eastern Asia and North American. *Diversity & Distributions*, 14(2): 381-386.
- SIMBERLOFF D, MARTIN J L, GENOVESI P, MARIS V, WARDLE D A, ARONSON J, COURCHAMP F, GALIL B, GARCÍA-BERTHOUE, PASCAL M, PYŠEK P, SOUSA R, TABACCHI E, VILÀ M, 2013. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(1): 58-66.