

宁波市外来入侵植物及其入侵风险评估

魏子璐, 朱峻熠, 潘晨航, 王义英, 胡沁沁, 周颖, 金水虎

(浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 杭州 311300)

摘要: 【目的】掌握浙江省宁波市外来入侵植物的危害现状, 评估其入侵风险等级, 为入侵植物的生态安全管理提供参考。【方法】调查了宁波市不同区域外来入侵植物, 并采用层次分析法对入侵植物的传入阶段、适生阶段、扩散阶段、入侵分布现状、危害影响及治理难度等指标进行综合评估, 确定外来入侵植物的入侵风险等级。【结果】宁波市外来入侵植物种类较多, 共 77 种, 隶属 27 科 58 属。外来入侵植物优势科现象明显, 其中菊科 Asteraceae 最多, 达 21 种, 其次是茄科 Solanaceae、豆科 Leguminosae 和禾本科 Poaceae, 各 6 种。草本植物 71 种, 占总种数的 92.21%。37 种属人为有意引入, 占有所有入侵植物的 48.05%; 32 种属无意引入, 占 41.56%; 入侵途径不明的有 8 种, 占 10.39%。58 种来自美洲, 占外来入侵植物总种数的 75.32%; 15 种来自欧洲, 占 19.48%。层次分析表明: I 级风险的外来入侵植物 15 种, II 级风险的 14 种, III 级风险的 18 种, IV 级风险的 22 种, V 级风险的 8 种。【结论】宁波市外来入侵植物的入侵风险等级较高, 建议根据其评估的风险等级, 采取相应的综合治理方法, 防控外来植物的入侵危害。表 2 参 28

关键词: 植物学; 宁波市; 外来入侵植物; 入侵现状; 风险评估

中图分类号: S718.3 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2021)03-0552-08

Investigation and risk assessment of alien invasive plants in Ningbo, Zhejiang Province

WEI Zilu, ZHU Junyi, PAN Chenhang, WANG Yiyi, HU Qinqin, ZHOU Ying, JIN Shuihu

(College of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China)

Abstract: [Objective] This research aims to understand the situation of invasive alien plants in Ningbo and assess their invasive risk levels, so as to provide suggestions for the ecological security management. [Method] Typical habitats of alien invasive plants in different areas of Ningbo were investigated by quadrats. The analytic hierarchy process (AHP) was used to comprehensively evaluate indexes such as introduction stage, suitable growth stage, diffusion stage, invasion distribution status, damage impact and management difficulty, so as to determine the invasive risk of the alien invasive plants. [Result] There were 77 species of alien invasive plants in Ningbo, belonging to 27 families and 58 genera. The dominant families of alien invasive plants were obvious, among which Asteraceae was the most, with 21 species, followed by Solanaceae, Leguminosae and Poaceae, with 6 species each. There were 71 species of herbaceous plants, accounting for 92.21% of the total species. 37 species were introduced intentionally, accounting for 48.05% of all invasive plants. 32 species were unintentionally introduced, accounting for 41.56%. There were 8 species (10.39%) whose invasive routes were unknown, accounting for 10.39%. 58 species came from America, accounting for 75.32% of the total number of alien invasive plants in Ningbo. 15 were from Europe (19.48%). AHP showed there were 15 species of alien invasive plants with level I risk, 14 species with level II risk, 18 species with level III risk, 22 species with

收稿日期: 2020-05-28; 修回日期: 2021-01-14

基金项目: 宁波市植物资源调查与资源开发利用项目 (NB2FCG2012049G-D)

作者简介: 魏子璐 (ORCID: 0000-0003-2145-1436), 从事植物分类研究。E-mail: 731624894@qq.com。通信作者: 金水虎 (ORCID: 0000-0003-0334-6683), 教授, 从事植物分类和植物资源研究。E-mail: jsh501@163.com

level IV risk and 8 species with level V risk. [Conclusion] The risk level of alien invasive plants in Ningbo is relatively high. It is suggested that comprehensive measures should be taken to prevent and control the invasive harm of the alien plants according to the assessed risk level. [Ch, 2 tab. 28 ref.]

Key words: botany; Ningbo City; alien invasive plant; invasion status; risk assessment

外来物种指出现在过去或现在自然分布范围及扩散潜力以外的物种，而归化种指不依靠直接的人为干预而能持续繁殖并维持种群超过 1 个生命周期的外来物种，它们常常只是建立了自然种群，尚未形成入侵^[1]。外来入侵植物是指由于自然或者人为等因素，由一个特定地域的生态系统传播进入另一个生态环境中定居、繁殖和扩散，并对传入地生态环境或其中的物种构成危害性的植物^[2-3]。大部分外来植物入侵成功后，由于缺少天敌，很容易发生种群数量爆发，并与被入侵地的物种竞争资源，占据物种的生态位，形成单优种群，使当地物种的种类和数量减少^[4-6]，最终使生态环境退化，进而影响农林业以及渔业生产，造成不同程度的经济损失^[7]。随着人类社会交通和贸易的不断发展，越来越多的植物呈现出全球化的蔓延趋势，各国正建立外来生物的评估防治体系以应对生物入侵危害^[8-9]。作为中国东南沿海重要的港口城市，同时也是“海上丝绸之路”东方始发港，宁波外来人流量巨大，贸易往来和货物进出港也十分频繁，大量的货物贸易极大地增加了外来物种入侵的可能，严重影响到宁波市的生态和经济安全。鉴于此，本研究对宁波市外来入侵植物进行了调查，并对入侵植物的危害等级进行了评估，以期为外来入侵植物的科学防控决策提供依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

宁波市位于中国东南沿海，属长江三角洲南翼，是世界第四大港口城市，陆域总面积为 9 816 km²。该区为北亚热带季风气候，年均气温为 16.2 ℃，最热月平均气温 28.0 ℃，最冷月平均气温 4.2 ℃，极端最低气温 -11.1 ℃，极端最高气温 41.2 ℃，多年平均降水量 1 480 mm。境内地势由西南向东北缓慢倾斜，地貌结构丰富，有山地、丘陵、台地、盆地和平原类型。土壤以红壤和粗骨土为主，还有部分为黄壤、紫色土、基性岩土。宁波市在植被区划中属中亚热带常绿阔叶林北部亚地带，但由于长期开发，现存植被以针叶林、灌丛等次生植被及人工植被类型为主^[10]。

1.2 研究方法

1.2.1 资料收集与实地调查 查阅文献资料，收集宁波市外来入侵植物种类、原产地等信息，参考《中国外来入侵植物名录》等^[11-13]确定宁波市外来入侵植物种类及生活型。根据各入侵植物的生物学特性和生态学特性，以及人为干扰强度的差异，分别在每个县市区的城乡公园、住宅区、交通道路、江河滨水地带等绿地，以及郊外荒地、山丘丘陵、湖泊河流、水库码头、农田果园等人为干扰较少的自然区块开展线路调查；结合典型生境，设置 50 个样方（草本样方 1 m×1 m、灌木样方 5 m×5 m）进行调查，记录每个样方中外来入侵植物的种类及频度、盖度和密度等评估指标。

1.2.2 外来入侵植物危害程度评估 在完成入侵现状调查的基础上，运用层次分析法（AHP）构建宁波市外来植物入侵风险评估系统^[14]，确定 6 个一级指标，下设 18 个二级指标及 51 个三级指标（表 1），建立各级指标判断矩阵，计算相应的指标权重值，并经一致性检验，将设定的风险评估体系总分 100 分赋值到各级指标，统计各入侵植物三级指标的得分总和，评估其入侵等级^[15-17]。

2 结果与分析

2.1 宁波市外来入侵植物物种组成

经统计，宁波市共有外来入侵植物 77 种，隶属 27 科 58 属（表 2）。种类最多的菊科 Asteraceae 达 21 种，茄科 Solanaceae、豆科 Leguminosae 和禾本科 Poaceae 各 6 种，玄参科 Scrophulariaceae 有 5 种，共计 44 种，构成了宁波市外来入侵植物的主体（57.14%）。菊科植物种类最多（27.27%），这可能与菊科为广布的超大科，种实数量大、体积小，且具有冠毛等利于传播的特殊构造有关。豆科、禾本科等植物

表1 宁波市外来入侵植物风险评估体系

Table 1 Risk assessment system of alien invasive plants in Ningbo City

一级指标(分值)	二级指标(分值)	三级指标(分值)
传入阶段A1(9.0)	入侵途径A11(4.5)	有意引入(2.0)
		无意引入(2.0)
	检疫情况A12(4.5)	入侵途径不明(0.5)
		不具备完善的管理手段(3.5)
		有针对该物种的管理手段(1.0)
适生阶段A2(12.0)	繁殖方式A21(2.0)	主要依靠无性繁殖(0.5)
		主要依靠有性(种子)繁殖(0.5)
	种实及其他繁殖体数量A22(3.0)	兼具有性繁殖和无性繁殖(1.0)
		少量(0.5)
繁殖频率A23(3.0)	一般(1.0)	
	大量(1.5)	
在本地区的适应能力A24(4.0)		无性繁殖弱; 有性繁殖弱, 多年1次(0.5)
		无性繁殖一般; 有性繁殖期少于4个月, 或每年1次(1.0)
		无性繁殖强; 有性繁殖期4个月及以上, 或每年多次(1.5)
扩散阶段A3(22.0)	生长速度A31(8.0)	原产地气候环境与本地区差距较大, 适应能力弱(0.5)
		原产地气候环境与本地区有差距, 较适宜生长(1.0)
		原产地气候环境与本地区类似, 适宜生长(2.5)
	扩散途径和距离A32(14.0)	慢(1.0)
		一般(3.0)
		快(4.0)
已入侵分布现状A4 (30.0)	频度A41(9.0)	仅能利用风、水流、生物携带、运输工具等1~2种途径进行短距离扩散(2.0)
		可利用上述1~2种途径进行较长距离扩散(5.0)
		可利用多种途径进行较长距离扩散(7.0)
	盖度A42(6.0)	小, <30%(2.0)
		中, 30%~60%(3.0)
		大, >60%(4.0)
	密度A43(6.0)	低, <30%(1.0)
		中, 30%~60%(2.0)
		高, >60%(3.0)
	国内该物种的分布情况A44(9.0)	小, <30%(1.0)
		中, 30%~60%(2.0)
		大, >60%(3.0)
危害和影响A5(20.0)	与本地物种生态因子间的竞争A51(3.0)	只在浙江省内有分布(2.0)
		在华东、华南地区有分布(3.0)
		在全国范围内大部分地区有分布(4.0)
	对农、林、渔业的影响A52(5.0)	与本地物种竞争微小(0.5)
		与本地物种竞争较缓(1.0)
		与本地物种竞争激烈(1.5)
	对人畜健康的影响A53(7.0)	有轻微影响, 局部发生危害(1.0)
		有一定影响, 危害面积较小(1.5)
		有巨大影响, 危害面积较大(2.5)
		影响较小, 如有小刺、引起轻微过敏(2.0)

表 1 (续)

Table 1 Continued

一级指标(分值)	二级指标(分值)	三级指标(分值)
	对园林绿化、园林景观的影响A54(5.0)	影响较大, 如有毒、有较大尖刺、花粉诱发疾病(5.0) 造成轻微影响(1.0) 造成一定影响(1.5) 造成严重影响(2.5)
治理难度A6(7.0)	治理方式A61(3.0)	方法单一(1.0) 需要2种及以上的方式综合治理(2.0)
	防治难度A62(4.0)	防治较容易, 投入成本低(0.5) 防治存在困难, 需短期的人力和资金投入(1.0) 防治困难, 需长期、大量的人力和资金投入(2.5)

种类多, 且具有耐土壤瘠薄和繁殖能力强等特点, 能在各类生态环境中定居繁殖, 这也是它们能成为主要入侵科的原因。

2.2 宁波市外来入侵植物生活型

宁波市外来入侵植物的生活型可分为草本、藤本和灌木 3 类, 草本植物又可分 1 年生草本、2 年生草本和多年生草本。根据调查结果, 1 年生草本植物有 43 种 (55.84%), 2 年生草本 8 种 (10.39%), 多年生草本有 20 种 (25.97%); 藤本植物有 4 种 (5.19%); 常绿灌木 2 种 (2.60%)。草本植物达 71 种, 占 92.21%, 主要原因是相较于藤本和灌木, 草本植物的适应性更强, 种子数量多且轻小, 传播也较容易, 繁殖速度和生长速度也更迅速。

2.3 宁波市外来入侵植物原产地

宁波市外来入侵植物的原产地来源广泛, 经重复统计, 来自美洲的入侵植物最多, 共 58 种 (75.32%); 其次是原产为欧洲的植物 15 种 (19.48%); 来自亚洲、非洲和大洋洲的物种数量相对较少, 依次为 8 种 (10.39%)、6 种 (7.79%)、1 种 (1.30%)。

2.4 宁波市外来入侵植物入侵途径

宁波市外来入侵植物的入侵途径有 3 种, 为有意引入、无意引入、入侵途径不明。从种类数量上对比, 从高到低依次为有意引入、无意引入、入侵途径不明, 有意引入的入侵植物 37 种, 占有入侵植物的 48.05%, 如紫茉莉、红花酢浆草、圆叶牵牛等作为观赏植物被引入, 互花米草和大米草作为牧草被引入; 32 种无意引入, 占 41.56%, 如刺苋、假高粱很可能随着粮食进口传播扩散, 飞扬草、北美毛车前、大狼把草等则是通过入境旅游、交通工具等途径无意引入; 入侵途径不明的有 8 种, 占 10.39%, 如细果草龙、裂叶月见草等。

2.5 宁波市外来入侵植物入侵风险等级划分

宁波市 77 种外来入侵植物风险评估得分为 24~50 分, 根据得分高低将入侵风险划分为 5 个等级 (表 2)。I 级风险外来入侵植物有加拿大一枝黄花、土荆芥等 15 种, 在宁波市分布广泛, 且已对生态环境和经济造成较严重影响。II 级风险外来入侵植物有三裂叶薯、美洲商陆等 14 种, 在宁波市分布较广, 对生态环境和经济造成较大影响。III 级风险外来入侵植物有费城飞蓬、睫毛牛膝菊等 18 种, 在宁波市局部分布, 对生态环境和经济造成一定影响, 或分布较广, 具潜在危害的入侵植物。IV 级风险外来入侵植物有红花酢浆草、黄香草木樨等 22 种, 在宁波市局部分布, 对生态环境和经济尚未造成明显的影响, 且难以形成新的入侵发展趋势。V 级风险外来入侵植物有白花金纽扣、羽裂续断菊等 8 种, 在宁波市偶有分布, 基本不影响生态环境和不造成经济损失^[18-19]。

宁波市外来入侵植物的入侵风险等级较高, 其中入侵等级为 I 级和 II 级的种类之和有 29 种, 占总外来入侵物种数的 37.66%。其中 15 种 I 级入侵植物全部同属于浙江省严重危害入侵植物和中国 I 级入侵植物, 属于对生态环境和经济造成严重危害的入侵植物。出现在 4 批中国自然生态系统外来入侵物种名单中的 20 种外来入侵植物, 全部归属于宁波市 I 级和 II 级外来入侵植物, 其中 I 级 14 种, II 级 6 种。

表2 宁波市外来入侵植物种类统计

Table 2 Species of alien invasive plants in Ningbo City

科名	属名	种名	入侵等级(得分)
胡椒科Piperaceae	草胡椒属Peperomia	草胡椒Peperomia pellucida	III(36.0)
荨麻科Urticaceae	冷水花属Pilea	小叶冷水花Pilea microphylla	IV(32.5)
藜科Chenopodiaceae	藜属Chenopodium	土荆芥Chenopodium ambrosioides	I(49.5)
苋科Amaranthaceae	莲子草属Alternanthera	喜旱莲子草Alternanthera philoxeroides	I(47.5)
	苋属Amaranthus	刺苋Amaranthus spinosus	I(45.5)
	千日红属Gomphrena	银花苋Gomphrena celosioides	III(35.5)
紫茉莉科Nyctaginaceae	紫茉莉属Mirabilis	紫茉莉Mirabilis jalapa	IV(30.0)
商陆科Phytolaccaceae	商陆属Phytolacca	美洲商陆Phytolacca americana	II(44.0)
马齿苋科Portulacaceae	土人參属Talinum	土人參Talinum paniculatum	IV(30.5)
石竹科Caryophyllaceae	蝇子草属Silene	西欧蝇子草Silene gallica	V(26.5)
睡莲科Nymphaeaceae	水盾草属Cabomba	水盾草Cabomba caroliniana	II(39.5)
十字花科Brassicaceae	独行菜属Lepidium	北美独行菜Lepidium virginicum	III(38.0)
豆科Leguminosae	苜蓿属Medicago	南苜蓿Medicago polymorpha	III(37.5)
		紫苜蓿Medicago sativa	III(35.0)
	草木樨属Melilotus	黄香草木樨Melilotus officinalis	IV(34.5)
	决明属Cassia	望江南Cassia occidentalis	IV(32.5)
		决明Cassia tora	IV(31.5)
	田菁属Sesbania	田菁Sesbania cannabina	III(36.0)
酢浆草科Oxalidaceae	酢浆草属Oxalis	红花酢浆草Oxalis corymbosa	IV(34.5)
大戟科Euphorbiaceae	大戟属Euphorbia	飞扬草Euphorbia hirta	II(40.0)
		续随子Euphorbia lathyris	IV(32.0)
		匍匐大戟Euphorbia prostrata	III(38.5)
仙人掌科Cactaceae	仙人掌属Opuntia	单刺仙人掌Opuntia monacantha	V(25.0)
		缩刺仙人掌Opuntia stricta	V(24.0)
柳叶菜科Onagraceae	丁香蓼属Ludwigia	细果草龙Ludwigia leptocarpa	IV(32.0)
	月见草属Oenothera	月见草Oenothera biennis	III(39.0)
		裂叶月见草Oenothera laciniata	III(39.0)
小二仙草科Haloragaceae	狐尾藻属Myriophyllum	粉绿狐尾藻Myriophyllum aquaticum	IV(33.0)
旋花科Convolvulaceae	番薯属Ipomoea	毛果甘薯Ipomoea cordatotriloba	IV(30.0)
		瘤梗甘薯Ipomoea lacunosa	III(37.0)
		三裂叶薯Ipomoea triloba	II(40.0)
		圆叶牵牛Ipomoea purpurea	II(43.0)
唇形科Labiatae	水苏属Stachys	田野水苏Stachys arvensis	V(29.0)
茄科Solanaceae	曼陀罗属Datura	毛曼陀罗Datura innoxia	III(35.0)
	假酸浆属Nicandra	假酸浆Nicandra physaloides	IV(34.0)
	酸浆属Physalis	毛酸浆Physalis philadelphica	IV(30.5)
	茄属Solanum	少花龙葵Solanum americanum	IV(31.5)
		牛茄子Solanum capsicoides	II(42.0)
		北美水茄Solanum carolinense	IV(32.0)
玄参科Scrophulariaceae	凯氏草属Kickxia	戟叶凯氏草Kickxia elatine	IV(34.5)
	柳穿鱼属Linaria	小龙口花Linaria bipartita	V(29.0)
	细柳穿鱼属Nuttallanthus	加拿大柳蓝花Nuttallanthus canadensis	IV(30.5)
	婆婆纳属Veronica	直立婆婆纳Veronica arvensis	III(35.5)
		阿拉伯婆婆纳Veronica persica	III(38.5)

表 2 (续)

Table 2 Continued

科名	属名	种名	入侵等级(得分)
车前科Plantaginaceae	车前属 <i>Plantago</i>	北美毛车前 <i>Plantago virginica</i>	II (42.0)
茜草科Rubiaceae	丰花草属 <i>Spermacoce</i>	阔叶丰花草 <i>Spermacoce alata</i>	I (45.0)
桔梗科Campanulaceae	异檐花属 <i>Triodanis</i>	卵叶异檐花 <i>Triodanis perfoliata</i> ssp. <i>biflora</i>	IV (34.0)
菊科Asteraceae	金纽扣属 <i>Acmella</i>	白花金纽扣 <i>Acmella radicans</i>	V (29.0)
	霍香蓟属 <i>Ageratum</i>	霍香蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	I (45.5)
	豚草属 <i>Ambrosia</i>	豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	I (47.0)
	鬼针草属 <i>Bidens</i>	大狼把草 <i>Bidens frondosa</i>	I (47.5)
		白花鬼针草 <i>Bidens pilosa</i> var. <i>radiata</i>	II (41.5)
	飞蓬属 <i>Erigeron</i>	香丝草 <i>Erigeron bonariensis</i>	III (39.0)
		小飞蓬 <i>Erigeron canadensis</i>	I (46.0)
		苏门白酒草 <i>Erigeron sumatrensis</i>	II (43.5)
		一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	I (47.0)
		费城飞蓬 <i>Erigeron philadelphicus</i>	III (39.0)
		粗糙飞蓬 <i>Erigeron strigosus</i>	IV (31.5)
	牛膝菊属 <i>Galinsoga</i>	睫毛牛膝菊 <i>Galinsoga quadriradiata</i>	III (39.5)
	莴苣属 <i>Lactuca</i>	毒莴苣 <i>Lactuca serriola</i>	II (44.5)
	银胶菊属 <i>Parthenium</i>	银胶菊 <i>Parthenium hysterophorus</i>	I (47.5)
	千里光属 <i>Senecio</i>	岩生千里光 <i>Senecio wightii</i>	IV (33.5)
	一枝黄花属 <i>Solidago</i>	加拿大一枝黄花 <i>Solidago canadensis</i>	I (50.0)
	裸柱菊属 <i>Soliva</i>	裸柱菊 <i>Soliva anthemifolia</i>	II (41.5)
	苦苣菜属 <i>Sonchus</i>	羽裂续断菊 <i>Sonchus oleraceo</i> var. <i>asper</i>	V (29.0)
	紫菀属 <i>Aster</i>	钻形紫菀 <i>Aster subulatus</i>	I (46.0)
蒲公英属 <i>Taraxacum</i>	西洋蒲公英 <i>Taraxacum officinale</i>	IV (33.0)	
百日菊属 <i>Zinnia</i>	多花百日菊 <i>Zinnia peruviana</i>	III (36.0)	
水鳖科Hydrocharitaceae	水蕴草属 <i>Egeria</i>	水蕴草 <i>Egeria densa</i>	IV (32.0)
禾本科Poaceae	凌风草属 <i>Briza</i>	银鳞茅 <i>Briza minor</i>	V (28.5)
	高粱属 <i>Sorghum</i>	假高粱 <i>Sorghum halepense</i>	II (42.0)
		匿芒假高粱 <i>Sorghum halepense</i> f. <i>muticum</i>	II (42.0)
		苏丹草 <i>Sorghum sudanense</i>	III (38.0)
	米草属 <i>Spartina</i>	互花米草 <i>Spartina alterniflora</i>	I (45.0)
	大米草 <i>Spartina anglica</i>	II (41.5)	
天南星科Araceae	大藻属 <i>Pistia</i>	大藻 <i>Pistia stratiotes</i>	I (48.0)
雨久花科Pontederiaceae	凤眼蓝属 <i>Eichhornia</i>	凤眼莲 <i>Eichhornia crassipes</i>	I (48.0)

说明：I 表示入侵等级得分 ≥ 45.0 分；II 表示入侵等级得分为 $40.0 \sim < 45.0$ 分；III 表示入侵等级得分为 $35.0 \sim < 40.0$ 分；IV 表示入侵等级得分为 $30.0 \sim < 35.0$ 分；V 表示入侵等级得分 < 30.0 分

3 结论与讨论

3.1 外来入侵植物入侵危害现状

宁波市外来入侵植物种类达 77 种，其中 49 种已有文献记载^[20]。作为外来植物的“登陆点”，宁波市新出现的外来种较多，这与其独特的地理位置，港口环境，以及多样的生境和植被类型等自然条件有密切的关系，许多外来植物的种实可能随进口货物或运输工具潜入宁波，并在运输过程中随地散落或被风带到合适的环境，生根发芽。

对照浙江省和温州地区外来入侵草本植物所占比例^[20-21]，宁波市外来入侵植物的生活型非常单一，突出了沿海地区草本入侵植物占比更大的特点。相对于木本植物，草本植物的生长周期短，并具有更好

的扩散适应特性,如菊科植物种实量大,且种子质量轻,具有冠毛、钩刺等以扩散传播^[22];禾本科植物具有高度进化的花序,加大了风力远距离传播种子的机会;豆科植物具有固氮能力,通过固氮获取额外的营养加速生长发育、成熟和繁殖。

宁波市外来入侵植物的原产地主要集中在热带地区,与全国和浙江全省的情况对照,其原产地入侵植物构成比例近乎一致。宁波地处浙江东部沿海,气候温暖湿润,与美洲和欧洲的气候相近,港口接待大量来自美洲、欧洲的货轮,尤其是美洲运输粮食的巨轮,入侵植物的种子极易夹带在货物中,在运输过程中散落在宁波境内,生长繁殖,更易爆发入侵灾害。

宁波外来入侵植物的入侵等级与浙江省危害程度等级和中国外来入侵植物等级基本一致,个别入侵植物根据在宁波市的实际分布情况,在等级上有少许变动。入侵等级较高的外来植物,也是宁波入侵植物广布种,需要重点防控。

3.2 外来入侵植物防控建议

随着贸易经济的不断发展,人为影响和入侵程度的加剧,宁波外来入侵植物的种类和数量仍会持续增长,建议加强外来物种入侵的源头控制,谨慎选择需要的引进物种^[23],规范外来物种引种的安全程序^[24];健全外来物种逃逸暴发灾害的应对措施,依法追究人为恶意造成外来物种入侵的法律责任;建立宁波外来入侵植物信息库,进行科学监测与评估,为有效防控提供决策依据^[25-26]。

外来入侵植物风险评估是与时俱进的过程,需要根据外来植物入侵的动态变化及时更新,避免因信息遗漏、评估滞后而造成更大的危害^[27-28]。建议根据评定的等级结果,采取相应的综合治理手段,与上海港等临近港口城市开展区域性联动,及时共享信息,共同防范。

4 参考文献

- [1] 李振宇,谢焱.中国外来入侵种[M].北京:中国林业出版社,2002.
- [2] 舒易星,施祖荣,王连水,等.外来入侵植物及其生物防治[J].*仲恺农业工程学院学报*,2013,26(1):64-71.
SHU Yixing, SHI Zurong, WANG Lianshui, et al. Alien invasive plants and their biological control [J]. *J Zhongkai Univ Agric Technol*, 2013, 26(1): 64-71.
- [3] SALA O, CHAPIN III F, GARDNER R, et al. *Global Change, Biodiversity and Ecological Complexity*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1999: 304-328.
- [4] 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.
JIA Guikang, XUE Yuegui. The invasive inhabit diversity of *Eupatorium adenophorum* and *Eupatorium odoratum* in Guangxi [J]. *Ecol Environ*, 2011, 20(5): 819-823.
- [5] MACK R N, SIMBERLIFF D, LONSDALE W M. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control [J]. *Ecol Appl*, 2000, 10(3): 689-710.
- [6] PYŠEK P, RICHARDSON D M. The biogeography of naturalization in alien plants [J]. *J Biogeogr*, 2006, 33(12): 2040-2050.
- [7] JERMY A C. Plant invaders: the threat to natural ecosystems [J]. *Biol Conserv*, 1995, 79(2): 313-313.
- [8] MYERS J A, VELLEND M, MARKS S G L. Seed dispersal by white-tailed deer: implications for long-distance dispersal, invasion, and migration of plants in Eastern North America [J]. *Oecologia*, 2004, 139(1): 35-44.
- [9] PHELOUNG P C, WILLIAMS P A, HALLOY S R. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions [J]. *J Environ Manage*, 1999, 57(4): 239-251.
- [10] 李根有,李修鹏,张芬耀,等.宁波珍稀植物[M].北京:科学出版社,2017.
- [11] 马金双.中国外来入侵植物名录[M].北京:高等教育出版社,2018.
- [12] 浙江植物志编委会.浙江植物志[M].杭州:浙江科学技术出版社,1989-1993.
- [13] 郑朝宗.浙江种子植物检索鉴定手册[M].杭州:浙江科学技术出版社,2005.
- [14] 宝超慧.大连市外来入侵植物调查及风险评估研究[D].大连:辽宁师范大学,2016.
BAO Chaohui. *Investigation and Risk Assessment on Alien Invasive Plants in Dalian*[D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2016.
- [15] 邓雪,李家铭,曾浩健,等.层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J].*数学的实践与认识*,2012,42(7):93-100.

- DENG Xue, LI Jiaming, ZENG Haojian, *et al.* Research on computation methods of AHP wight vector and its applications [J]. *Math Pract Theory*, 2012, **42**(7): 93 – 100.
- [16] 陈佳超, 吴凡, 花铁. 基于层次分析法的中国各省市安全评估[J]. *灾害学*, 2014, **29**(4): 198 – 203.
CHEN Jiachao, WU Fan, HUA Tie, *et al.* Safety evaluation on provinces and cities in China by analytic hierarchy process [J]. *J Catastrophology*, 2014, **29**(4): 198 – 203.
- [17] 郭金玉, 张忠彬, 孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. *中国安全科学学报*, 2008, **18**(5): 148 – 153.
GUO Jinyu, ZHANG Zhongbin, SUN Qingyun. Study and applications of analytic hierarchy process [J]. *China Saf Sci J*, 2008, **18**(5): 148 – 153.
- [18] 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.
WANG Yuan, MA Huiru, MA Jinshuang. Alien plants in Shanghai and rating of their invasion [J]. *Plant Divers Resour*, 2015, **37**(2): 185 – 202.
- [19] 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): 45 – 56.
YAN Jing, YAN Xiaoling, WANG Zhanghua, *et al.* Distribution pattern and rating of alien invasive plants in Anhui Province [J]. *Plant Sci J*, 2017, **35**(5): 45 – 56.
- [20] 闫小玲, 寿海洋, 马金双. 浙江省外来入侵植物研究[J]. *植物分类与资源学报*, 2014, **36**(1): 77 – 88.
YAN Xiaoling, SHOU Haiyang, MA Jinshuang. The alien invasive plants in Zhejiang Province, China [J]. *Plant Divers Resour*, 2014, **36**(1): 77 – 88.
- [21] 丁炳扬, 胡仁勇. 温州外来入侵植物及其研究[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2011.
- [22] 陈琼, 李肖夏, 王慧. 菊科 12 种外来植物的有性繁殖特征和入侵风险研究[J]. *植物科学学报*, 2018, **36**(3): 345 – 353.
CHEN Qiong, LI Xiaoxia, WANG Hui. Investigation on sexual reproduction and invasion risk of 12 alien Compositae species [J]. *Plant Sci J*, 2018, **36**(3): 345 – 353.
- [23] 舒美英, 蔡建国, 方宝生. 杭州西溪湿地外来入侵植物现状与防治对策[J]. *浙江林学院学报*, 2009, **26**(5): 755 – 761.
SHU Meiyong, CAI Jianguo, FANG Baosheng. Situation and control measures of alien invasive plants in Xixi National Wetland Park, Hangzhou City, Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, **26**(5): 755 – 761.
- [24] 张晓青, 骆争荣, 陈世通, 等. 九龙国家湿地公园外来入侵植物现状及防治对策研究[J]. *南方林业科学*, 2017, **45**(3): 53 – 57.
ZHANG Xiaoqing, LUO Zhengrong, CHEN Shitong, *et al.* Studies on the situation and control strategies of alien invasive plants in Jiulong National Wetland Park, Lishui, Zhejiang Province [J]. *Nanfang For Sci*, 2017, **45**(3): 53 – 57.
- [25] 徐颖, 郑炜, 施英利, 等. 宁波口岸外来杂草的调查研究[J]. *植物检疫*, 2014, **28**(4): 70 – 73.
XU Ying, ZHENG Wei, SHI Yingli, *et al.* Study on alien weeds of Ningbo Port [J]. *Plant Quar*, 2014, **28**(4): 70 – 73.
- [26] 蒋奥林, 朱双双, 陈雨晴, 等. 中国香港外来入侵植物[J]. *广西植物*, 2018, **38**(3): 289 – 298.
JIANG Aolin, ZHU Shuangshuang, CHEN Yuqing, *et al.* Alien invasive plants in Hong Kong [J]. *Guihaia*, 2018, **38**(3): 289 – 298.
- [27] 彭鑫怡, 李永春, 王秀玲, 等. 植物入侵对土壤微生物的影响[J]. *浙江农林大学学报*, 2019, **36**(5): 1019 – 1027.
PENG Xinyi, LI Yongchun, WANG Xiuling, *et al.* Effects of invasive plants on soil microbial communities: a review [J]. *J Zhejiang A&F Univ*, 2019, **36**(5): 1019 – 1027.
- [28] 朱峻熠, 胡军飞, 欧丹燕, 等. 浙江普陀山外来入侵植物组成及危害现状[J]. *浙江农林大学学报*, 2020, **37**(4): 737 – 744.
ZHU Junyi, HU Junfei, OU Danyan, *et al.* Species components and hazards of alien invasive plants in Putuoshan Island, Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang A&F Univ*, 2020, **37**(4): 737 – 744.