

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2022.03.012

乐山地区外来入侵植物风险评估

王鹏, 黄娇*, 熊雪, 龙凤, 吴雨, 王雯

乐山师范学院生命科学学院, 四川 乐山 614000

摘要:【目的】全面了解乐山地区的外来入侵植物现状,为乐山地区外来入侵植物的防控提供可行性建议对策,并为防控进展研究和预警机制的建立提供参考。【方法】通过实地调查、查阅文献和标本数据库分析乐山地区外来入侵植物情况,利用层次分析法建立乐山地区外来入侵植物的评估体系,评估所有外来入侵植物的风险值,并根据等级划分标准和风险值将外来入侵植物划分为5个风险等级(I~V级)。【结果】乐山地区入侵植物种类共109种,隶属38科86属。其中菊科17属20种,为最大优势科,豆科、苋科、茄科、禾本科次之,且草本植物占优。I级风险(恶性入侵)植物有10种,II级风险(严重入侵)的有11种,III级风险(局部入侵)的有13种,IV级风险(一般入侵)的有27种,其他48种(有待观察)为V级风险。中高危害风险的外来入侵植物共34种,隶属18科32属。【结论】乐山地区外来入侵植物种类繁多且危害风险高,基于上述入侵现状和风险等级提出了防控外来植物入侵的对策。

关键词: 乐山地区; 外来入侵植物; 风险评估; 防控建议

开放科学标识码
(OSID 码)

Risk assessment of invasive alien plants in Leshan

WANG Peng, HUANG Jiao*, XIONG Xue, LONG Feng, WU Yu, WANG Wen

College of Life Science, Leshan Normal University, Leshan, Sichuan 614000, China

Abstract:【Aim】This study aimed to determine the invasive status of alien plants in Leshan, to provide strategies for their prevention and control, and scientific guidance for the establishment of early warning mechanisms.【Method】Data about invasive alien species were collected through literature review, specimen records, and field investigations. We used the analytic hierarchy process to assess the relative invasion risk of each species and classified them into five invasion risk grades (I-V).【Result】A total of 109 invasive alien species were identified, belonging to 86 genera and 38 families. Asteraceae represented the most species (20 species belonging to 17 genera), followed by Leguminosae, Amaranthaceae, Solanaceae, and Poaceae. Herbaceous species were the most common. Out of all identified species, 10 were aggressively invasive (grade I), 11 were seriously invasive (grade II), 13 were locally invasive (grade III), 27 were generally invasive (grade IV), and 48 required further analysis (grade V). There were 34 species with medium or high risks, belonging to 32 genera and 18 families.【Conclusion】There are many alien invasive plant species in Leshan, a relatively high proportion of which are high-risk. We suggest strategies the prevention and control of invasive alien plants according to their assessed risk grade.

Key words: Leshan area; invasive alien plants; risk assessment; prevention and control suggestions

外来入侵植物是指一些借助人类的活动或与之相关的活动进入本不存在的地区或生态系统的非土著植物,它们能够在入侵地存活定殖且随风、水流、动物或人类携带等实现进一步扩散,有的甚至可以爆炸式地增长进而严重危害或威胁当地环境和经济的发展(刘忠等,2009;张璞进等,2019)。

大部分外来植物入侵成功的机制,往往是由于缺少天敌,且自身的某些生物学特性(如适应性、抗逆性、繁殖方式、繁殖能力等)强,即使在自然资源有限的情况下,仍然能够维持自身必要的生理活动(Bilbrough & Caldwell, 1997; Sultan & Bazzaz, 1993),与被入侵地的植物在竞争自然资源中取得

收稿日期(Received): 2021-07-03 接受日期(Accepted): 2022-02-25

基金项目: 四川省大学生创新创业训练计划项目(S202110649079); 乐山师范学院博士科研启动项目(801/205190166); 乐山市科技局项目(20NZD008)

作者简介: 王鹏,男,研究方向:植物资源与分类。E-mail: 3182730196@qq.com

* 通信作者(Author for correspondence), 黄娇, E-mail: huangjiao@lsnu.edu.cn

明显优势,极大地减少本地物种的丰度或存活率(Mack *et al.*, 2000),致使生态系统的结构和功能发生一定程度衰退(彭宗波等, 2013; 魏子璐等, 2021; 岳茂峰等, 2011),直接或间接地造成经济损失。人类社会交往和贸易的不断发展使得越来越多的植物呈现蔓延的趋势,各国及中国各省市正建立外来生物的评估防治体系以应对生物入侵危害(Myers *et al.*, 2004; Pheloung *et al.*, 1999)。根据文献记载(马金双, 2013; 徐海根和强胜, 2011; 闫小玲等, 2014),中国外来入侵植物共计 515 种,四川省分布有 155 种,作为四川省重要的交通枢纽和贸易区段以及“中国优秀旅游城市”,乐山地区与外界交流频繁,其旅游业吸引的大量外来游客可能有意无意地携带外来种,极大地增加了外来植物入侵的可能性(魏子璐等, 2021)。某些外来入侵植物能适应多种生态环境,如潮湿的土壤、疏林、岩壁、路边、公园池畔等,严重影响乐山地区的园林景观、农业和自然生态系统。虽然有学者对乐山市的生物入侵现状进行过研究和防治探讨(刘忠等, 2009),但没有针对乐山市所有外来入侵植物分布和危害情况的全面分析,所以目前对乐山地区的外来植物入侵的研究分析还处于浅层和笼统水平。

本研究对乐山地区的主要市县区进行了调查,结合入侵植物的生物学特性,利用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)构建适宜乐山地区入侵现状的风险评估指标体系,综合评估外来植物入侵的危害程度(张璞进等, 2019),为乐山外来物种的引进建立预警机制并提供有效的风险评估方法,为防控系统的完善提供科学依据(刘可丹等, 2020),也为相似自然状况地区的外来入侵植物风险评估提供模版参考。

1 研究地概况与研究方法

1.1 研究地概况

乐山地区介于东经 102° 15'—104° 15', 北纬 28° 28'—29° 56', 位于四川省西南部。境内地貌类型丰富(丘陵、山地、平原),且地形高低悬殊,呈现西南高而东北低的特点(最高峰为西南部的峨边县马鞍山主峰,海拔 4288 m;最低点为东北部的岷江出境处,海拔 320 m,二者相对高差达 3968 m)。另外受到季风、高原、山地等特定地理因素的影响,其气候多样化,特别是西南部和东北部的气候迥异。从整体看乐山地区属于中亚热带季风气候,由东向

西气温逐渐降低。年降水量充沛,大多地区都在 1000 mm 以上。日照时间短。植被和珍稀濒危植物类型多样,植被垂直带谱保护相对完好(黄娇等, 2013; 罗利群, 2005)。

1.2 研究方法

1.2.1 文献资料搜集、标本查阅与实地调查 基于《中国外来入侵植物名录》(闫小玲等, 2014)和四批中国自然生态系统外来入侵物种名单(国家环保总局和中国科学院, 2003; 中华人民共和国环境保护部, 2010; 中华人民共和国环境保护部和中国科学院, 2014, 2016)中记载的中国外来入侵植物的信息,利用国家标本资源平台和中国数字植物标本馆进行线上标本查阅,查找中国外来入侵植物在乐山地区的分布情况,记录标本时间、地点等。

2021 年 4—8 月,选取了多种自然区块对乐山地区主要市县区的外来入侵植物资源种类、分布面积、分布地点和生境等进行实地踏查,主要包括郊外荒地、城市绿地、江河水畔、交通道路等,重点调查外地游客较多的旅游区和外来车辆或贸易频繁的地区。采用样方法,共设置了 3283 个样方,记录每个样方中外来入侵植物的种类、盖度和密度、频度等参与评估的指标。草本样方大小为 1 m×1 m,若集中大片覆盖形成单一优势种群则选择 1 m×2 m 大小的样方;灌木选用 5 m×5 m 大小的样方(魏子璐等, 2021; 朱峻熠, 2019; 张璞进等, 2019)。

根据外来入侵植物的生物学和生态学特性、入侵现状和产生的危害,参考外来入侵物种划分等级(闫晓玲等, 2014; 朱峻熠等, 2020),将乐山地区外来入侵植物进行等级划分,即恶性入侵(I级)、严重入侵(II级)、局部入侵(III级)、一般入侵(IV级)和有待观察类(V级)。

1.2.2 风险评估指标体系的建立 根据中国各省市已有的对外来入侵植物评价的方法和依据(马平, 2009; 覃丽婷, 2019; 魏子璐等, 2021; 张璞进等, 2019; 赵栋峰, 2019; 朱峻熠等, 2020),利用层次分析法建立乐山地区外来入侵植物风险评估指标体系初稿。采用文献调查和专家咨询方法修订评估体系的各级指标并答写判断矩阵,根据矩阵重要性的标度值利用 Excel 2016 (函数 product、power、sum、mmult)计算权重(曹茂林, 2012),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。最后,根据入侵植物的生物学特性和实

地调查记录进行风险评估,综合各指标的得分求出外来入侵植物的风险值并评估其入侵等级(魏子璐等,2021;朱峻熠,2019)。

2 结果与分析

2.1 乐山地区外来入侵植物物种组成

乐山地区外来入侵植物种类多样,共计 38 科 86 属 109 种,占整个四川省入侵植物(闫小玲等,2014)的 70.32%,且全都是被子植物,没有发现裸子植物和蕨类植物。双子叶植物有 98 种,隶属 31 科 77 属,占入侵植物总种数的 89.91%,具有绝对的优势;单子叶植物有 11 种,隶属 7 科 9 属,占入侵植物总种数的 10.09%。种类最多的菊科达 17 属 20 种,其次是豆科 10 属 14 种、苋科 3 属 9 种、茄科 6 属 8 种,禾本科和十字花科分别有 3 属 4 种和 4 属 4 种。苋属的种类最多,有 7 种。

2.2 乐山地区外来入侵植物风险评估体系

由于入侵植物的形成一般经历引入、暂居、逃逸生长、入侵、产生危害 5 个阶段(马晔和沈珍瑶,2006),且入侵成功后的防治阶段影响入侵的规模和速度,故确定入侵性、定殖性、扩散性、危害性和防控性 5 个一级指标。综合乐山地区被入侵地的地理和经济影响现状,将一级指标分解为 17 个二级指标和 59 个三级指标(表 1)。

通过判断矩阵数值的计算,一级指标入侵性、定殖性、扩散性、危害性、防控性的权重分别是 0.1260、0.1260、0.2868、0.3780、0.0832,一级指标入侵性下设的二级指标乐山地区适生范围、引入途径和检疫管理的权重分别为 0.0680、0.0374 和 0.0206,以此类推。由于整个乐山地区外来入侵植物评估体系的总分为 100 分,按照指标所占权重进行分值的分配,确立三级指标的分值,并同时提供等权和手动赋权 2 种方法赋权(万方浩等,2010),建立可操作性强、能综合全面地反映外来入侵植物的生物学特性与乐山地区实际情况的评估体系(表 1)。

2.3 乐山地区外来入侵植物风险评估

根据中国外来入侵植物的等级划分标准和入侵背景按得分高低将乐山地区入侵植物风险划分为 5 个等级。由表 2 可知,乐山地区外来入侵植物的风险分值介于 17.5~81.0 分:>80.0 分的有 2 种,隶属 2 科 2 属;70.0~80.0 分的有 4 种,隶属 2 科 4 属;60.0~69.5 分的有 7 种,隶属 6 科 7 属;50.0~

59.5 分的有 14 种,隶属 11 科 14 属;40.0~49.5 分的有 25 种,隶属 14 科 24 属;30.0~39.5 分的有 27 种,隶属 17 科 25 属;20.0~29.5 的有 29 种,隶属 16 科 26 属;<20.0 分的仅有 1 种(17.5 分)。

I 级风险外来入侵植物在乐山地区分布广泛、适应性和抗逆性强,常常清理起来也相当困难,给乐山地区的社会经济和生态等方面造成较严重影响。其中,紫茎泽兰 *Ageratina adenophora* (Sprengel) R. M. King & H. Robinson、土荆芥 *Ysiphania ambrosioides* (L.) Mosyakin et Clemants、小蓬草 *Erigeron canadensis* L.、喜旱莲子草 *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.、落葵薯 *Anredera cordifolia* (Tenore) Steenis、鬼针草 *Bidens pilosa* L.、反枝苋 *Amaranthus retroflexus* L. 已被列入中国外来恶性入侵植物(I 级),牛膝菊 *Galinsoga parviflora* Cav. 和垂序商陆 *Phytolacca americana* L. 已被列入中国外来严重入侵植物(II 级),虽然粉绿狐尾藻 *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. 作为观赏水草类的栽培种,在中国外来入侵植物名录中列为有待观察类(V 级),但实地调查时发现已经逸生到乐山地区,在某些河道、水池等有大片的粉绿狐尾藻占据生态位,造成河流的堵塞或水流循环,对当地的生物多样性造成较严重的危害,且入侵潜力有增加的趋势,干扰自然流水区域物种的多样性(洪亚萍,2019)。这些植物的风险评估分值均为 62.5 分及以上,因此,将风险值 ≥ 62.5 的植物划分为乐山地区 I 级风险外来入侵植物(即恶性入侵植物);分值 54.5~62.0 的植物为 II 级风险外来入侵植物(即严重入侵植物),它们在乐山分布较广,对生态环境和经济影响较大;45.5~54.0 分的植物划为 III 级风险外来入侵植物(即局部入侵植物),它们在乐山地区局部分布,对生态环境和经济造成一定影响,或分布较广,具潜在危害(刘可丹等,2020);38.0~45.0 分的植物为 IV 级风险外来入侵植物(即一般入侵植物),在乐山地区局部分布,确定其对生态环境和经济危害不大或不明显,且难以形成新的入侵发展趋势;<38.0 分的为 V 级风险外来入侵植物(即有待观察类植物),在乐山地区偶有分布,其危害有待观察,目前几乎不影响生态环境也不造成经济损失,其未来发展趋势无法确定(闫小玲等,2014)。

表 1 乐山地区外来植物入侵风险评估体系

Table 1 Risk assessment system of alien invasive plants in Leshan area

一级指标 (权重)	二级指标 (权重)	三级指标 (权重)	分值/分
Primary indicator (weight)	Secondary indicators (weight)	Tertiary indicators (weight)	Score
入侵性 Invasiveness (0.1260)	乐山地区适生范围 Suitable living range in Leshan area (0.0680)	本地区没有适生地理环境条件 No suitable physical and environmental conditions in the area 0~20%的地区能够适生 0~20% of the area is suitable for living 20%~50%的地区能够适生 20%~50% of the area is suitable for living 在 50%以上的地区能够适生 More than 50% of the area is suitable	1.0 3.0 5.0 7.0
	引入途径 * Invasive routes (0.0374)	自然传入 Natural introduction 无意引入 No intention of introducing 有意引入 Intention of introducing	1.0 1.5 1.5
	检疫情况 Quarantine situation (0.0206)	未列入中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录、全国农业植物检疫性有害生物名单、全国林业检疫性有害生物名单、全国林业危险性有害生物名单 Not listed in the list of entry plant quarantine pests of People's Republic of China, national list of agricultural plant quarantine pests, national list of forestry quarantine pests, national list of hazardous forestry pests	2.0
定居性 Colonization (0.1260)	土壤适应性 Soil adaptability (0.0420)	不适宜 Not suitable 一般 Average 适宜 Suitable	0 2.0 4.0
	气候适应性 Climate adaptability (0.0420)	不适宜 Not suitable 一般 Average 适宜 Suitable	0 2.0 4.0
	抗逆性 Stress resistance (0.0420)	弱 (逆境条件下存活率 0~50%) Weak (the survival rate under adverse conditions is 0~50%) 一般 (逆境条件下存活率 50%~80%) Average (the survival rate under adverse conditions is 50%~80%) 强 (逆境条件下存活率 >80%) Strong (the survival rate under adverse conditions is more than 80%)	0 2.5 5.0
扩散性 Diffusivity (0.2868)	繁殖方式 Modes of reproduction (0.0314)	以无性繁殖为主 Mainly asexual reproduction 以有性繁殖为主 Mainly sexual reproduction 两者皆有 Both of them	1.5 1.5 3.0
	单株平均种子量 Average seed per plant (0.0592)	单株平均种子量 <10 粒 The average seed per plant is less than 10 单株平均种子量 10~1000 粒 The average seed per plant is 10~1000 单株平均种子量 >1000 粒 The average seed per plant is more than 1000	0 3.0 6.0
	繁殖能力 Reproductive capacity (0.0592)	无性繁殖弱; 有性繁殖多年一次 Asexual reproduction is weak; Sexual reproduction is once in years 无性繁殖一般; 有性繁殖期少于 4 个月或一年一次 Asexual reproduction is average; Sexual reproduction period lasts for less than 4 months or is once a year 无性繁殖强; 有性繁殖期 4 个月及其以上或一年多次 Asexual reproduction is strong; Sexual reproduction lasts for 4 months or more or is many times a year	0 3.0 6.0
	扩散方式 * Diffusion modes (0.1056)	风力扩散 Wind diffusion 水流扩散 Flow diffusion 动物携带或取食扩散 Animal carrying or feeding spread 人类活动扩散 Diffusion of human activities	4.0 2.0 2.0 2.0

续表 1

一级指标 (权重)	二级指标 (权重)	三级指标 (权重)	分值/分		
Primary indicator (weight)	Secondary indicators (weight)	Tertiary indicators (weight)	Score		
危害性 Harm (0.3780)	生活型 Life form (0.0314)	乔木 Tree	1.0		
		灌木 Shrub	1.5		
		藤本 Liana	2.0		
		多年生草本 Perennial herb	2.5		
		1 年生或 2 年生草本 1-year-old or 2-year-old herbs	3.0		
		天敌存在情况 Existence of natural enemies (0.0444)	乐山存在有效天敌,作用明显 Effective natural enemies exist in Leshan, and its effect is obvious		0
			乐山存在有效的天敌,作用不明显 Effective natural enemies exist in Leshan, but its effect is not obvious		2.0
			乐山不存在有效的天敌 No effective natural enemies in Leshan		4.0
		经济危害性 Economic harm (0.0559)	对乐山经济基本无影响 Basically, no impact on Leshan's economy		0
			对乐山经济影响不大 Little impact on Leshan's economy		1.5
			对乐山经济影响一般 General impact on Leshan's economy		3.0
		生态危害性 Ecological harm (0.1987)	对乐山经济影响较严重 A serious impact on Leshan's economy		4.5
			对乐山经济影响特别严重 A particularly serious impact on Leshan's economy		6.0
			对乐山生态基本无影响 Basically, no impact on Leshan's ecology		0
		人类健康危害性* Hazards on human health (0.0790)	对乐山生态影响不大 Little impact on Leshan's ecology		5.0
对乐山生态影响一般 General impact on Leshan's economy			10.0		
对乐山生态影响较严重 A serious impact on Leshan's ecology			15.0		
防治性 Prevention and control (0.0832)	防治措施 Preventive measures (0.0277)	对乐山生态影响特别严重 A particularly serious impact on Leshan's ecology	20.0		
		植株有毒 Poisonous plants	2.0		
		植株有刺 Spiny plants	2.0		
		植株有臭味 Smelly plants	2.0		
		植株有刺激性或能致敏 Irritating or sensitizing plants	2.0		
		机械防除不可行 No feasible to prevent and control by machine	1.5		
		化学防除不可行 No feasible to prevent and control by chemistry	1.0		
		生物防除不可行 No feasible to prevent and control by biology	0.5		
		难度低,根除效果高,投入成本低 Low difficulty, high eradication effect and low investment cost	0		
		难度一般,根除效果一般,需要短期投入防控成本 Average difficulty, average eradication effect and short-term investment cost	2.5		
		难度高,根除效果差,需要长期投入防控成本 High difficulty, poor eradication effect and long-term investment cost	5.0		

* 表示可符合该二级指标下的多个三级指标。

* means that the various third-level indicators under the second-level indicator can be met.

表2 乐山地区外来入侵植物种类及其风险分值
Table 2 Species and risk scores of alien invasive plants in Leshan area

科 Family	属 Genera	种 Species	分值 Score	风险等级 Risk grade	科 Family	属 Genera	种 Species	分值 Score	风险等级 Risk grade
百合科 Liliaceae	丝兰属 Yucca	凤尾兰 <i>Yucca gloriosa</i>	43.0	IV	毛茛科 Ranunculaceae	土人參属 <i>Talinum</i>	土人參 <i>Talinum paniculatum</i>	27.5	V
唇形科 Lamiales	鼠尾草属 <i>Salvia</i>	一串红 <i>Salvia splendens</i>	39.0	IV	茄科 Solanaceae	毛茛属 <i>Ranunculus</i>	刺果毛茛 <i>Ranunculus muricatus</i>	45.0	V
大戟科 Euphorbiaceae	蓖麻属 <i>Ricinus</i>	蓖麻 <i>Ricinus communis</i>	48.5	III		假酸浆属 <i>Nicandra</i>	假酸浆 <i>Nicandra physalodes</i>	21.5	V
	大戟属 <i>Euphorbia</i>	南欧大戟 <i>Euphorbia peplus</i>	22.5	V		曼陀罗属 <i>Datura</i>	曼陀罗 <i>Datura innoxia</i>	26.5	V
豆科 Leguminosae	草木樨属 <i>Melilotus</i>	白花草木樨 <i>Melilotus albus</i>	23.0	V		曼陀罗 <i>Datura stramonium</i>	曼陀罗 <i>Datura stramonium</i>	42.0	IV
	车轴草属 <i>Trifolium</i>	草木樨 <i>Melilotus officinalis</i>	44.0	IV		珊瑚櫻 <i>Solanum pseudoocapsicum</i>	珊瑚櫻 <i>Solanum pseudoocapsicum</i>	28.0	V
	刺槐属 <i>Robinia</i>	白车轴草 <i>Trifolium repens</i>	60.5	II		略西茄 <i>Solanum aculeatissimum</i>	略西茄 <i>Solanum aculeatissimum</i>	56.5	II
	决明属 <i>Senna</i>	刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	32.0	V		小酸浆 <i>Physalis minima</i>	小酸浆 <i>Physalis minima</i>	21.5	V
		龙牙花 <i>Erythrina corallodendron</i>	47.5	III		夜香树 <i>Cestrum nocturnum</i>	夜香树 <i>Cestrum nocturnum</i>	45.5	III
		望江南 <i>Senna occidentalis</i>	24.5	V		鸳鸯茉莉属 <i>Braunfelsia</i>	鸳鸯茉莉 <i>Braunfelsia brasiliensis</i>	38.0	IV
		黄槐决明 <i>Senna surattensis</i>	45.5	III		秋海棠属 <i>Begonia</i>	四季秋海棠 <i>Begonia cucullata</i>	44.0	IV
		南苜蓿 <i>Medicago polymorpha</i>	45.5	III		胡萝卜属 <i>Daucus</i>	野胡萝卜 <i>Daucus carota</i>	27.0	V
		黑荆 <i>Acacia mearnsii</i>	38.0	IV		细叶旱芹属	细叶旱芹	44.5	IV
		银荆 <i>Acacia dealbata</i>	42.5	IV		<i>Cyclosporum leptophyllum</i>			
		金合欢 <i>Acacia farnesiana</i>	43.0	IV	桑科 Moraceae	大麻属 <i>Cannabis</i>	大麻 <i>Cannabis sativa</i>	26.0	V
		长柔毛野豌豆 <i>Vicia villosa</i>	44.0	IV	莎草科 Cyperaceae	香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	25.0	V
		银合欢属 <i>Leucaena</i>	57.5	II		风车草 <i>Cyperus involucreatus</i>	风车草 <i>Cyperus involucreatus</i>	50.5	III
		紫穗槐属 <i>Amorpha</i>	29.0	V		垂序商陆 <i>Phytolacca americana</i>	垂序商陆 <i>Phytolacca americana</i>	70.5	I
凤仙花科 Balsaminaceae	凤仙花属 <i>Impatiens</i>	凤仙花 <i>Impatiens balsamina</i>	43.0	IV		白芥 <i>Sinapis alba</i>	白芥 <i>Sinapis alba</i>	22.5	V
禾本科 Gramineae	狗尾草属 <i>Setaria</i>	棕叶狗尾草 <i>Setaria palmifolia</i>	29.0	V		豆瓣菜 <i>Nasturtium officinale</i>	豆瓣菜 <i>Nasturtium officinale</i>	22.0	V
	黑麦草属 <i>Lolium</i>	多花黑麦草 <i>Lolium multiflorum</i>	22.0	V		芥 <i>Capsella bursa-pastoris</i>	芥 <i>Capsella bursa-pastoris</i>	23.5	V
		黑麦草 <i>Lolium perenne</i>	22.0	V		弯曲碎米荠 <i>Cardamine flexuosa</i>	弯曲碎米荠 <i>Cardamine flexuosa</i>	22.5	V
		野燕麦 <i>Avena fatua</i>	29.0	V		花朱顶红 <i>Hippeastrum vittatum</i>	花朱顶红 <i>Hippeastrum vittatum</i>	32.0	V
锦葵科 Malvaceae	苘麻属 <i>Abutilon</i>	苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i>	25.5	V		鸭跖菜 <i>Myosoton aquaticum</i>	鸭跖菜 <i>Myosoton aquaticum</i>	55.5	II
菊科 Asteraceae	百日菊属 <i>Zinnia</i>	百日菊 <i>Zinnia elegans</i>	32.0	V		球序卷耳 <i>Cerastium glomeratum</i>	球序卷耳 <i>Cerastium glomeratum</i>	41.0	IV
	飞蓬属 <i>Erigeron</i>	香丝草 <i>Erigeron bonariensis</i>	55.5	II		大藻 <i>Pistia stratiotes</i>	大藻 <i>Pistia stratiotes</i>	55.0	II
		一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	60.0	II		喜旱莲子草	喜旱莲子草	70.5	I
		小蓬草 <i>Erigeron canadensis</i>	79.0	I		<i>Alternanthera philoxeroides</i>	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	32.5	V
		鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	66.5	I		青葙 <i>Celosia argentea</i>	青葙 <i>Celosia argentea</i>	29.0	V
		藿香蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	43.5	IV		皱果苋 <i>Amaranthus viridis</i>	皱果苋 <i>Amaranthus viridis</i>	29.5	V
		两色金鸡菊 <i>Coreopsis tinctoria</i>	34.5	V		刺苋 <i>Amaranthus spinosus</i>	刺苋 <i>Amaranthus spinosus</i>	32.5	V
		金鸡菊 <i>Coreopsis basalis</i>	43.0	IV		凹头苋 <i>Amaranthus blitum</i>	凹头苋 <i>Amaranthus blitum</i>	35.0	V
		梁子菜 <i>Erechtites hieracifolius</i>	32.5	V		千瓣谷 <i>Anaranthus hypochondriacus</i>	千瓣谷 <i>Anaranthus hypochondriacus</i>	36.0	V
		苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	50.5	III		苋 <i>Amaranthus tricolor</i>	苋 <i>Amaranthus tricolor</i>	38.5	IV
						反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	62.5	I

续表 2

科 Family	属 Genera	种 Species	分值 Score	风险等级 Risk grade	科 Family	属 Genera	种 Species	分值 Score	风险等级 Risk grade
	鳢肠属 <i>Eclipta</i>	鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	47.5	III	小二仙草科 Haloragaceae	狐尾藻属 <i>Myriophyllum</i>	粉绿狐尾藻 <i>Myriophyllum aquaticum</i>	62.5	I
	联毛紫菀属 <i>Symphytotrichum</i>	钻叶紫菀 <i>Symphytotrichum subulatum</i>	49.5	III	玄参科 Scrophulariaceae	蝴蝶草属 <i>Torenia</i>	蓝猪耳 <i>Torenia fourmieri</i>	34.0	V
	牛膝菊属 <i>Galinsoga</i>	牛膝菊 <i>Galinsoga parviflora</i>	77.5	I		婆婆纳属 <i>Veronica</i>	婆婆纳 <i>Veronica polita</i>	17.5	V
	蒲公英属 <i>Taraxacum</i>	药用蒲公英 <i>Taraxacum officinale</i>	29.0	V		阿拉伯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	阿拉伯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	51.0	III
	秋英属 <i>Cosmos</i>	秋英 <i>Cosmos bipinnatus</i>	43.0	IV		莨苳 <i>Ipomoea quamoclit</i>	莨苳 <i>Ipomoea quamoclit</i>	26.0	V
	万寿菊属 <i>Tagetes</i>	万寿菊 <i>Tagetes erecta</i>	24.5	V		牵牛 <i>Ipomoea nil</i>	牵牛 <i>Ipomoea nil</i>	31.5	V
	向日葵属 <i>Helianthus</i>	向日葵 <i>Helianthus tuberosus</i>	35.0	V		圆叶牵牛 <i>Ipomoea purpurea</i>	圆叶牵牛 <i>Ipomoea purpurea</i>	31.5	V
	野茼蒿属 <i>Crassocephalum</i>	野茼蒿 <i>Crassocephalum crepidioides</i>	55.0	II		小叶冷水花 <i>Pilea microphylla</i>	小叶冷水花 <i>Pilea microphylla</i>	35.5	V
	一枝黄花属 <i>Solidago</i>	加拿大一枝黄花 <i>Solidago canadensis</i>	56.5	II		吊竹梅 <i>Tradescantia zebrina</i>	吊竹梅 <i>Tradescantia zebrina</i>	22.0	V
	紫茎泽兰属 <i>Ageratina</i>	紫茎泽兰 <i>Ageratina adenophora</i>	81.0	I		紫竹梅 <i>Tradescantia pallida</i>	紫竹梅 <i>Tradescantia pallida</i>	39.0	IV
藜科 Chenopodiaceae	藜属 <i>Chenopodium</i>	小藜 <i>Chenopodium ficifolium</i>	21.5	V		毛野牡丹 <i>Clidemia hirta</i>	毛野牡丹 <i>Clidemia hirta</i>	39.5	IV
		杖藜 <i>Chenopodium giganteum</i>	22.5	V		薊粟属 <i>Argemone</i>	薊粟 <i>Argemone mexicana</i>	27.5	V
	腺毛藜属 <i>Dysphania</i>	土荆芥 <i>Ysphania ambrosioides</i>	81.0	I		罂粟属 <i>Papaver</i>	虞美人 <i>Papaver rhoeas</i>	38.0	IV
柳叶菜科 Onagraceae	倒挂金钟属 <i>Fuchsia</i>	倒挂金钟 <i>Fuchsia hybrida</i>	43.0	IV		凤眼蓝属 <i>Eichhornia</i>	凤眼蓝 <i>Eichhornia crassipes</i>	58.0	II
	月见草属 <i>Oenothera</i>	粉花月见草 <i>Oenothera rosea</i>	38.5	IV		鸢尾属 <i>Iris</i>	黄菖蒲 <i>Iris pseudacorus</i>	41.5	IV
	马利筋属 <i>Asclepias</i>	马利筋 <i>Asclepias curassavica</i>	42.0	IV		水竹芋属 <i>Thalia</i>	再力花 <i>Thalia dealbata</i>	52.0	III
萝藦科 Asclepiadaceae	落葵属 <i>Basella</i>	落葵 <i>Basella alba</i>	35.0	V		叶子花属 <i>Bougainvillea</i>	光叶子花 <i>Bougainvillea glabra</i>	30.0	V
落葵科 Basellaceae	落葵薯属 <i>Anredera</i>	落葵薯 <i>Anredera cordifolia</i>	68.5	I		<i>Bougainvillea</i>	叶子花 <i>Bougainvillea spectabilis</i>	54.0	III
马鞭草科 Verbenaceae	假连翘属 <i>Duranta</i>	假连翘 <i>Duranta erecta</i>	38.0	IV		紫茉莉属 <i>Mirabilis</i>	紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i>	45.0	IV
	马缨丹属 <i>Lantana</i>	马缨丹 <i>Lantana camara</i>	35.5	V		酢浆草属 <i>Oxalis</i>	红花酢浆草 <i>Oxalis corymbosa</i>	61.0	II
马齿苋科 Portulacaceae	马齿苋属 <i>Portulaca</i>	大花马齿苋 <i>Portulaca grandiflora</i>	32.5	V					

I 表示恶性入侵; II 表示严重入侵; III 表示局部入侵; IV 表示一般入侵; V 表示有待观察类。

I represents malicious invasion; II represents serious intrusion; III represents local invasion; IV represents general invasion; V represents the class to be observed.

乐山地区外来入侵植物风险等级统计结果显示,乐山地区植物的I级风险入侵植物有10种,占入侵植物总种数的9.17%,包括菊科、苋科、藜科、商陆科、小二仙草科和落葵科植物,以菊科植物为主;II级有11种,占总入侵植物10.09%,以菊科和豆科植物为主;III级有13种,占总入侵植物11.93%,以菊科和豆科为主;IV级有27种,占总入侵植物24.77%;V级有48种,占总入侵植物44.04%。

高危害和中等危害风险的外来入侵植物(I、II、III级)的种类之和有34种,占总入侵种数的31.19%,说明乐山地区外来入侵植物的入侵风险等级高。登记在4批中国自然生态系统外来入侵物种名单中的入侵植物在乐山地区有17种,且其中有13种属于中高风险等级;属于I级风险的入侵植物有7种,分别是紫茎泽兰、垂序商陆、反枝苋、喜旱莲子草、落葵薯、土荆芥、小蓬草;II级有5种;III级有1种。

3 结论与讨论

乐山地区外来入侵植物种类繁多,共109种,隶属38科86属。双子叶植物占89.91%,具有绝对优势,菊科种类最多,其次是豆科、苋科、茄科;单子叶植物中禾本科种类最多。菊科植物种实体积小、数量大、有冠毛等利于传播的特殊构造;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;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(魏子璐等,2021),扩散适应性强,且草本植物生长周期短而成为主要优势科。外来入侵植物的生活型多样,草本植物因适应性强、种子数量多且轻小、传播也较容易、繁殖速度和生长速度迅速(黄建辉等,2003;刘可丹等,2020;石青等,2017)的特点而占优,还有少数木本植物如金合欢 *Acacia farnesiana* (L.) Willd.、银荆 *Acacia dealbata* Link等,以及草质藤本植物落葵薯。

随着社会经济的不断发展,乐山地区与外界的交流日益频繁,其中贸易和旅游业为外来植物的入侵创造了便利的条件和通道(史梦竹等,2020)。调查发现,乐山地区外来植物入侵状况比较严重,中高危害风险外来入侵植物达34种,其中高危害风险外来入侵植物(I、II级)共21种。外来入侵植物的种数明显高于其他地区,如洞庭湖区86种(杜云安等,2020)、杭州72种(王嫩仙,2008)、福

州市公园66种(史梦竹等,2020)、宁波市77种(魏子璐等,2021)、内蒙古55种(张璞进,2019),其中恶性植物(I级)中登记在4批中国自然生态系统外来入侵物种名单中的入侵植物需要特别注意,它们的环境适应性、繁殖能力强或传播广泛,存在较大的潜在危害。严重入侵植物(II级)中要注意红花酢浆草 *Oxalis corymbosa* DC.、鹅肠菜 *Myosoton aquaticum* (L.) Moench、凤眼蓝 *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms、大藻 *Pistia stratiotes* L.和加拿大一枝黄花 *Solidago canadensis* L.,其中红花酢浆草和鹅肠菜虽然在中国外来入侵植物中属于一般入侵种,但在乐山地区的荒地、路边、公园和菜园都随处可见,且可以形成单一的优势种群,说明在乐山地区的逸生情况严重,它们大多是作为饲料或者观赏植物有意引入,正是由于盲目引种且引种后观测工作力度较小,最终导致它们在乐山地区逐渐逸生和生长泛滥而成为高风险入侵物种。

此外,尽管近年来凤眼蓝、大藻和加拿大一枝黄花等在乐山地区尚未形成优势种群或其治理效果较好,但在我国其他省份,这几种植物已经出现严重入侵现象(董梅等,2006),一旦扩散蔓延,将对乐山地区的生态和经济造成极大危害。与省内已有相关研究相比,乐山地区的刺苋 *Amaranthus spinosus* L.、藿香蓟 *Ageratum conyzoides* L.、圆叶牵牛 *Pharbitis purpurea* (L.) Voisgt 和马樱丹 *Lantana camara* L.属于低风险入侵植物,而在成都市(邓亨宁等,2020b)和中国外来入侵植物名录(闫小玲等,2014)中属于恶性入侵植物,相关部门应该予以重视。

基于对乐山地区外来入侵植物的实地调查分析,提出4点防控建议:一是谨慎引种。外来植物的入侵途径主要包括自然传入、有意引入、无意引入,由于一般自然传入借助风力、顺着水流或鸟兽取食传入(马晔和沈珍瑶,2006),因此防控难度高。但有意引入常常发生在园林栽培绿化,如再力花 *Thalia dealbata* Fraser、黄菖蒲 *Iris pseudacorus* L.、金鸡菊 *Coreopsis drummondii* Torr. et Gray、虞美人 *Papaver rhoeas* L.等,建议园林管理的相关人员重视引种防控,既要试验物种对乐山地区环境的适应性,也要考虑其入侵风险(刘可丹等,2020),有意识地避开高风险植物种类,多方面评估其利弊。妥善处理植株的遗体残骸,防止残留的繁殖体或营养体逸生,尽可能减少人为引种而造成经济损失和生态破坏。二是

加强防控监测力度。交通方式的多样化和贸易的频繁化增大了外来入侵植物无意引入的可能性,这使得无意引入在防范外来植物入侵中越来越受到重视(王宜凡和贺俊英,2021)。无意引入的入侵植物通常是被飞机、轮船等交通工具无意带到新的栖息地(即“偷渡或搭便车”)(朱峻熠,2019),因此在高度重视园艺贸易引种风险的同时还需要对港口进口货物进行严格管控(Axmacher & Sang, 2013),重点加强对货运点、铁路沿线、码头等地入侵植物的监管和视察力度,如菊科、豆科、苋科和禾本科植物(吴雪惠等,2021),并及时拔除具有潜在危害的外来入侵植物,以防扩散蔓延(汪远等,2015)。三是加强科学研究,制定有效防除措施。各部门应对入侵广泛且危害严重的植物加强人工清除的能力,减少经济损失(梁景等,2021),用化学和生物防除进行综合防控,增加对中高风险入侵植物的防除资金投入,并预防中低风险危害的植物疯长。四是加强科普教育和法制建设。无意引入也可能是因为公众对入侵植物的了解较少,建议加大宣传力度,如在公众活跃的地段为入侵植物挂牌,或者通过互联网和报刊、各类学校举办相关话题的比赛等,提高公众对入侵植物及其危害的认识度,加强防患意识,减少和避免人为传播(邓亨宁等,2020a)。同时完善地方法律法规,共同防患外来植物入侵。

参考文献

- 曹茂林, 2012. 层次分析法确定评价指标权重及 Excel 计算. 江苏科技信息 (2): 39-40.
- 邓亨宁, 鞠文彬, 高云东, 张君议, 李诗琦, 高信芬, 徐波, 2020a. 新建川藏铁路(雅安—昌都段)沿线外来入侵植物种类及分布特征. 生物多样性, 28(10): 1174-1181.
- 邓亨宁, 廖敏, 鞠文彬, 李蒙, 高信芬, 徐波, 2020b. 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.
- 董梅, 陆建忠, 张文驹, 陈家宽, 李博, 2006. 加拿大一枝黄花——一种正在迅速扩张的外来入侵植物. 植物分类学报, 44(1): 72-85.
- 杜云安, 杨连勇, 杜华安, 韦玮, 唐小美, 张志雄, 向国红, 2020. 洞庭湖区外来入侵植物调查分析及防治对策. 生物安全学报, 29(3): 222-228.
- 国家环保总局, 中国科学院, 2003. 关于发布中国第一批外来入侵物种名单的通知. (2003-01-10) [2021-09-10]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2003/content_62285.htm.
- 洪亚萍, 2019. 外来种粉绿狐尾藻在全球变化背景下的入侵性研究. 硕士学位论文. 武汉: 武汉大学.
- 中华人民共和国环境保护部, 2010. 关于发布中国第二批外来入侵物种名单的通知. (2010-01-07) [2021-09-10]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201001/t20100126_184831.htm.
- 中华人民共和国环境保护部, 中国科学院, 2014. 关于发布中国外来入侵物种名单(第三批)的公告. (2014-08-20) [2021-09-10]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201408/t20140828_288367.htm.
- 中华人民共和国环境保护部, 中国科学院, 2016. 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. (2016-12-20) [2021-09-10]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201612/t20161226_373636.htm.
- 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.
- 黄娇, 李仲芳, 林丽平, 2013. 乐山市园林植物应用现状分析. 福建林业科技, 40(3): 158-161.
- 梁景, 黄瑞鹏, 韩其昌, 2021. 外来植物入侵及防控探析. 现代农业科技 (8): 92-94.
- 刘可丹, 覃丽婷, 罗欢, 和太平, 2020. 南宁市城区园林绿地系统外来入侵植物风险评估. 广西林业科学, 49(1): 105-112.
- 刘忠, 梁梓, 黄娇, 张知锦, 2009. 乐山市生物入侵现状与防治对策探讨. 乐山师范学院学报, 24(12): 22-24.
- 罗利群, 2005. 乐山市生物多样性(植物)保护与建设的研究. 乐山师范学院学报, 20(5): 62-65.
- 马金双, 2013. 中国入侵植物名录. 北京: 高等教育出版社.
- 马平, 2009. 云南省外来入侵物种调查及检疫性有害生物的风险分析. 硕士学位论文. 昆明: 云南农业大学.
- 马晔, 沈珍瑶, 2006. 外来植物的入侵机制及其生态风险评估. 生态学杂志, 25(8): 983-988.
- 彭宗波, 蒋英, 蒋菊生, 2013. 海南岛外来植物入侵风险评估指标体系. 生态学杂志, 32(8): 2029-2034.
- 覃丽婷, 2019. 南宁市城市绿地系统外来入侵植物及其风险调查与分析. 硕士学位论文. 南宁: 广西大学.
- 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.
- 石青, 陈雪, 罗雪晶, 陈凤新, 任晓鸿, 2017. 京津冀外来入侵植物的种类调查与分析. 生物安全学报, 26(3): 215-223.
- 万方浩, 梁广文, 尤民生, 刘树生, 周常勇, 彭正强, 2010.

- 科技部基础性工作专项“中国外来入侵物种及其安全性考察”(2006FY111000)主要研究进展//第三届全国生物入侵大会论文摘要集. 海口: 中国植物保护学会: 31-32.
- 王嫩仙, 2008. 杭州市外来入侵植物初步研究. 林业调查规划, 33(4): 125-128.
- 王宜凡, 贺俊英, 2021. 内蒙古外来入侵植物种类调查及相关分析. 生物安全学报, 30(4): 256-262.
- 汪远, 李惠茹, 马金双, 2015. 上海外来植物及其入侵等级划分. 植物分类与资源学报, 37(2): 185-202.
- 魏子璐, 朱峻熠, 潘晨航, 王义英, 胡沁沁, 周颖, 金水虎, 2021. 宁波市外来入侵植物及其入侵风险评估. 浙江农林大学学报, 38(3): 552-559.
- 吴雪惠, 高丽琴, 毛丽云, 姜轶涵, 杨光耀, 唐明, 2021. 江西省外来植物现状. 生物安全学报, 30(4): 250-255.
- 徐海根, 强胜, 2011. 中国外来入侵生物. 北京: 科学出版社.
- 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.
- 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.
- 张璞进, 赵利清, 梁晨霞, 张国龙, 张迁迁, 岳丽, 徐步云, 杨劫, 张培青, 清华, 2019. 内蒙古外来植物入侵风险评估. 生态学杂志, 38(7): 1973-1981.
- 赵栋锋, 2019. 陕北地区外来植物及入侵风险评价. 硕士学位论文. 咸阳: 西北农林科技大学.
- 朱峻熠, 2019. 宁波市外来入侵植物调查及其入侵风险评估. 硕士学位论文. 杭州: 浙江农林大学.
- 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.
- AXMACHER C J, SANG W G, 2013. Plant invasions in China—Challenges and chances. *PLoS ONE*, 8(5): e64173.
- BILBROUGH C J, CALDWELL M M, 1997. Exploitation of spring-time ephemeral N pulses by six great basin plant species. *Ecology*, 78(1): 231-243.
- MACK R N, SIMBERLIFF D, LONSDALE W M, 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, 10(3): 689-710.
- MYERS J A, VELLEND M, MARKS S G L, 2004. Seed dispersal by white-tailed deer: implications for long distance dispersal, invasion, and migration of plants in Eastern North America. *Oecologia*, 139(1): 35-44.
- PHELOUNG P C, WILLIAMS P A, HALLOY S R, 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management*, 57(4): 239-251.
- SULTAN S E, BAZZAZ F A, 1993. Phenotypic plasticity in *Polygonum persicaria*. III. The evolution of ecological breadth for nutrient environment. *Evolution*, 47(4): 1050-1071.

(责任编辑: 郑姗姗)