

DOI:10.11913/PSJ.2095-0837.2016.30361

王磊, 张彤, 卢训令, 王晓辉, 谷艳芳. 河南省鸡公山国家级自然保护区外来入侵植物 1994–2014 年间的变化[J]. 植物科学学报, 2016, 34(3): 361–370

Wang L, Zhang T, Lu XL, Wang XH, Gu YF. Changes in alien invasive plants in Jigong Mountain National Nature Reserve of Henan Province from 1994–2014[J]. *Plant Science Journal*, 2016, 34(3): 361–370

河南省鸡公山国家级自然保护区 外来入侵植物 1994–2014 年间的变化

王磊^{1,2*}, 张彤^{1,2}, 卢训令¹, 王晓辉^{1,2}, 谷艳芳^{1,2}

(1. 河南大学生态科学与技术研究所, 河南开封 475004; 2. 河南大学生命科学学院, 河南开封 475004)

摘要: 以河南省鸡公山国家级自然保护区外来入侵植物为研究对象, 对该地区 1994–2014 年间外来入侵植物的变化进行了研究。结果显示, 1951–2010 年信阳市每 5 年的平均温度明显上升、降水量年际间的波动较大; 1994–2014 年的 20 年间, 该保护区外来入侵植物从 49 种增加到 60 种, 增长了 22.4%, 增加的 11 种外来入侵植物分别为: 菊科 4 种, 豆科 2 种, 苋科、十字花科、大戟科、酢浆草科和雨久花科各 1 种; 该保护区外来入侵植物主要来源于美洲、欧洲、亚洲和非洲, 1994–2014 年间来自美洲的入侵植物共 33 种(其中新增加的有 6 种), 占 2014 年外来入侵物种的 50.0% 以上; 从生活型来看, 外来入侵植物主要为陆生植物, 占总数的 95% 以上, 其中, 一年生植物 > 一、二年生植物 > 多年生草本植物; 从入侵途径来看, 有意引进 > 无意引入 > 自然扩散; 新增的入侵植物以种子作为主要繁殖方式的有 9 种。因此, 对该保护区生物多样性保护和引种过程中, 要加强对来自美洲的以种子作为主要繁殖方式的陆生草本植物的入侵风险进行监控和管理。

关键词: 外来入侵植物; 生活型; 入侵途径; 鸡公山国家级自然保护区; 河南

中图分类号: Q16

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2016)03-0361-10

Changes in Alien Invasive Plants in Jigong Mountain National Nature Reserve of Henan Province from 1994–2014

WANG Lei^{1,2*}, ZHANG Tong^{1,2}, LU Xun-Ling¹, WANG Xiao-Hui^{1,2}, GU Yan-Fang^{1,2}

(1. *Institute of Ecological Science and Technology, Henan University, Kaifeng, Henan 475004, China;*

2. *College of Life Sciences, Henan University, Kaifeng, Henan 475004, China)*

Abstract: Straddling the Henan and Hubei Provinces of China, Jigong Mountain National Nature Reserve (JMNNR) (31°46′ ~ 31°52′ N, 114°01′ ~ 114°06′ E) of Xinyang has a forest ecosystem characteristic of north sub-tropical to warm temperate transitional zones. The average temperature of Xinyang has risen significantly between 1951 and 2010, accompanied by widely oscillating annual precipitation that exhibited no discernible trend. Between 1994 and 2014, the number of alien invasive plants (AIPs) increased from 49 to 60 in JMNNR, with the newly arrived species consisting of four species of Compositae, two species of Leguminosae, and one species each of Amaranthaceae, Cruciferae, Euphorbiaceae, Oxalidaceae, and Pontederiaceae. The invasive species mostly originated from America, Europe, Asia, and Africa, with those of American origin accounting for more than 50.0% of total invasive species in both 1994 and 2014. More than 95% of the invasive species in JMNNR were terrestrial. In both

收稿日期: 2015-11-23, 退修日期: 2015-12-28。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31070394)。

This work was supported by grants from the National Natural Science Foundation of China (31070394).

作者简介: 王磊(1978–), 男, 副教授, 主要从事植物生态学研究(E-mail: wl_mail@henu.edu.cn)。

* 通讯作者(Author for correspondence.)。

1994 and 2014, annuals outnumbered biennials, which in turn outnumbered perennials. Intentional introduction has been the most damaging invasion pathway, followed by unintentional introduction and then naturalization. Of the newly invasive plants, nine reproduced via seed dispersal. To protect the biodiversity of the nature reserve, it is important to strengthen the monitoring and management of terrestrial alien herbaceous plants, especially those from the America and those that use seeds for reproduction.

Key words: Alien invasive plants; Life form; Invasive pathway; Jigong Mountain National Nature Reserve; Henan Province

生物入侵(Biological invasion)是指生物由原生存地经自然或人为的途径侵入到另一个新环境,对入侵地的生物多样性、农林牧渔业生产以及人类健康造成经济损失或生态灾难的过程^[1]。生物入侵严重干扰和危害了自然生态系统的结构和功能,成为威胁粮食生产、生物多样性和生态环境的一个重要因素^[2,3]。外来入侵种(Alien Invasive Plants, AIPs)是指经过入侵可以对当地经济和生态产生负面影响的外来物种^[4,5]。

根据文献记载(截止2012年12月),我国有外来入侵植物94科、450属、806种^[6]。一个物种进入到新的生境并成为入侵物种要经过引入、定居、繁殖和扩散等过程,特别是从初始建立种群到扩散和爆发,需要经历较为漫长的过程。生物入侵不仅与入侵种的生物学、生态学特性有关,还与入侵地的生态系统特点、经济活动和社会因素密切相关^[7,8]。Bai等^[9]研究认为,气候是决定外来入侵植物分布模式的主要因素,我国南方地区外来入侵的风险较高,在未来气候变化背景下,应该重点关注北纬33°附近,包括河南省在内的一些地区的植物入侵风险。

鸡公山国家级自然保护区(北纬31°46′~31°52′,东经114°01′~114°06′)(以下简称:鸡公山保护区)位于河南省信阳市南部的豫鄂两省交界处,属森林生态系统类型自然保护区,由于保护区地处北亚热带的边缘,淮南大别山西端的浅山区,受东亚季风气候的影响,具有北亚热带向暖温带过渡的季风气候和山地气候的特征。鸡公山保护区位于气候过渡带,是华东、华中、华北植物区系的交汇地,植物种类组成丰富,群落具有明显的过渡特征,是气候变化的敏感区域^[10]。当前,有关各地外来入侵植物的研究很多,包括入侵物种的多样性、分布、入侵机制以及入侵趋势预测等

等^[9,11-16]。但是,到目前为止,还没有鸡公山国家级自然保护区外来入侵植物种类方面的研究,尤其是随着环境的变化和经济发展,还缺乏对该保护区外来入侵植物随时间变化方面的研究。

本研究以鸡公山国家级自然保护区外来入侵植物为研究对象,对该保护区1994-2014年间外来入侵植物的数量变化进行了分析研究,以期对入侵植物的分布、预防和自然保护区保护提供科学支撑。

1 研究区自然概括及环境因子变化

河南省鸡公山国家级自然保护区总面积2917.0 hm²,其中林地面积2893.7 hm²,占保护区总面积的99.2%,年平均气温15.2℃,≥10℃的年积温4881.0℃,年平均降水量1118.7 mm,主要土壤类型为黄棕壤、石质土、粗骨土和水稻土等。保护区种子植物共计有166科889属2316种(含变种),其中裸子植物7科27属72种,被子植物159科862属2244种,该保护区功能区划见图1^[10]。

在全球气候变化背景下,信阳市1951-2010年间的温度和降水均发生了变化,从图2可以看出(数据来源于河南大学全球变化生态学实验室),信阳市的温度呈上升趋势,5年平均温度从14.7℃(1951-1955年)上升到16.0℃(2006-2010年);降水量年际间波动较大,但整体上未表现出明显的上升或下降趋势。

2 入侵物种的调查统计

根据《中国入侵植物名录》^[6]、《中国外来入侵种》^[17]、《中国外来入侵物种编目》^[18]、农业部外来入侵生物预防与控制研究中心建立的“中国外来入侵物种数据库”(http://www.chinaias.cn/wjPa-

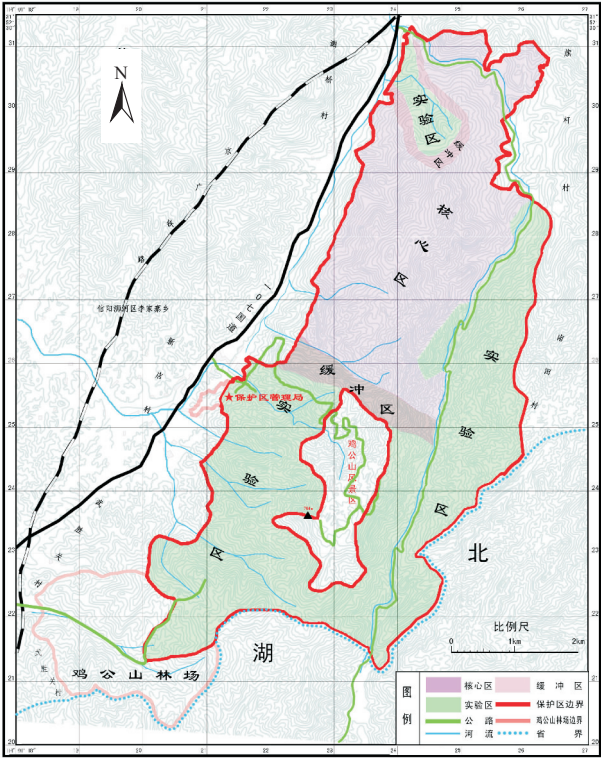
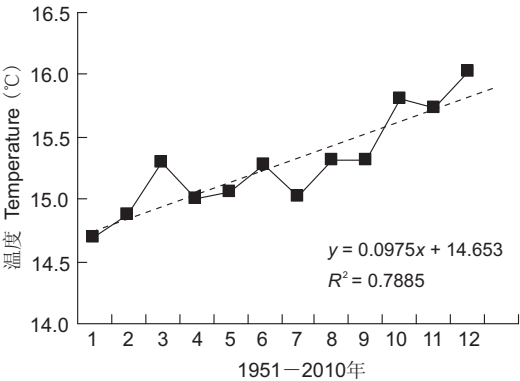


图 1 鸡公山国家级自然保护区功能区划图
Fig. 1 Function zoning map of Jigong Mountain National Nature Reserve (JMNNR)

rt/index.aspx) 查询入侵植物的学名、分布，并结合相关文献^[19–22] 确定鸡公山保护区外来入侵物种及其起源、引入方式、生活型、主要繁殖方式等相关信息。

依据《鸡公山自然保护区科学考察集》(1994)^[23] 和《河南鸡公山自然保护区科学考察集》(2014)^[10] 的记载，确定该保护区外来入侵植物物种数量组成及新增加的情况，编制该保护区 1994–2014 年外来入侵植物名录(见附录)。



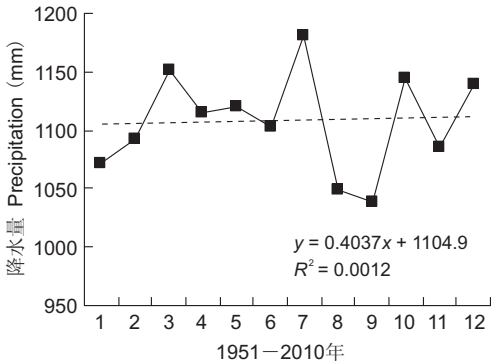
3 保护区外来入侵植物的变化

3.1 物种组成

经统计，1994 年鸡公山保护区外来入侵植物共计有 17 科 37 属 49 种，到 2014 年共计有 19 科 43 属 60 种，分别增加了 11.8%、16.2%和 22.4% (图 3)。增加的 11 种外来入侵植物分别为：尾穗苋 (*Amaranthus caudatus* L.)、野塘蒿 (*Conyza bonariensis* (L.) Cronq.)、菊芋 (*Helianthus tuberosus* L.)、苦苣菜 (*Sonchus oleraceus* L.)、菊苣 (*Cichorium intybus* L.)、北美独行菜 (*Lepidium virginicum* L.)、紫苜蓿 (*Medicago sativa* L.)、长柔毛野豌豆 (*Vicia villosa* Roth)、铜锤草 (*Oxalis corymbosa* DC.)、斑地锦 (*Euphorbia maculate* L.) 和凤眼莲 (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solme) (附录)。其中，菊科增加了 4 种(最多)、豆科增加了 2 种、其余 3 科各增加了 1 种，新增加的酢浆草科和雨久花科各 1 种。

3.2 来源地

鸡公山保护区外来入侵植物主要来源于美洲、欧洲、亚洲和非洲(图 4)。其中来自美洲的种类最多，从 1994 年的 27 种增加到 2014 年的 33 种，增加了 22.2%，分别占 1994 年和 2014 年外来入侵植物总数的 52.9%和 52.4%；来自欧洲的外来入侵植物从 15 种增加到 18 种，增加了 20.0%，分别占 1994 和 2014 年外来入侵植物总数的 29.4%和 28.6%；来自非洲的外来入侵植物从 2 种增加到 3 种，分别占 1994 和 2014 年外来入侵植物总数的 3.9%和 4.8%；来自亚洲的外来入侵植物从 7 种增加到 9 种，分别占 1994 和 2014 年外来入侵植物总数的 13.7%和 14.3%。



横坐标每一刻度代表 5 年 (Each scale of the horizontal coordinate representing five years)。

图 2 1951–2010 年信阳市温度和降水量变化
Fig. 2 Changes in temperature and precipitation in Xinyang from 1951 to 2010

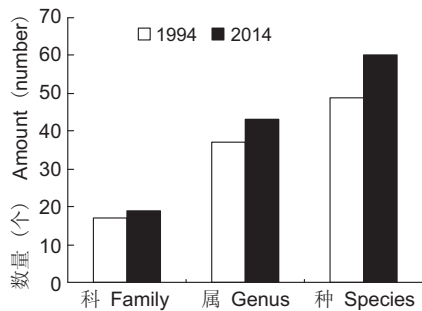


图 3 1994–2014 年外来入侵植物科、属、种的变化
Fig. 3 Changes in family, genus and species of AIPs

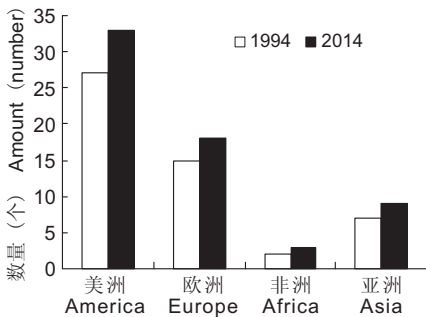


图 4 1994–2014 年外来入侵植物来源地的变化
Fig. 4 Changes in origin of AIPs

3.3 入侵植物生活型

从表 1 可以看出，鸡公山保护区外来入侵植物主要是陆生植物，占入侵植物总数的 95.0%以上，无论是 1994 还是 2014 年，物种数量均为：一年生植物 > 一、二年生植物 > 多年生草本植物。从 1994 到 2014 年，一年生入侵植物新增了 2 种(增加了 9.5%)，为尾穗苋和斑地棉；一、二年生入侵植物新增了 4 种(增加了 30.8%)，分别为：野

表 1 1994–2014 年鸡公山国家级自然保护区
外来入侵植物生活型的变化

Table 1 Changes in life form of AIPs in JMNRR from 1994 to 2014

生活型 Life form	物种数量及所占比例 (%) Number of species and proportion	
	1994 年	2014 年
陆生植物 Terrestrial plants	48(96.0%)	58(95.1%)
水生植物 Aquatic plants	2(4.0%)	3(4.9%)
一年生植物 Annual	21(40.4%)	23(36.5%)
一、二年生植物 Annual or biennial	13(25.0%)	17(27.0%)
二年生植物 Biennial	2(3.8%)	2(3.2%)
多年生草本植物 Perennial	11(21.2%)	16(25.4%)
攀援植物 Climber	3(5.8%)	3(4.7%)
灌木 Shrub	1(1.9%)	1(1.6%)
乔木 Arbor	1(1.9%)	1(1.6%)

塘蒿、苦苣菜、北美独行菜和长柔毛野豌豆；多年生草本植物新增了 5 种(增加了 45.5%)，分别为：菊芋、菊苣、紫苜蓿、铜锤草和凤眼莲。

3.4 主要入侵途径、繁殖方式

从入侵途径来看(表 2)，无论 1994 年还是 2014 年，入侵途径均为：有意引进 > 无意引入 > 自然扩散。其中，有意引进约占外来入侵植物的 50.0%；从 1994–2014 年间，有意引进的外来入侵植物增长了 28.0%；无意引入的占 40.0%以上，增长了 17.4%。

表 2 1994–2014 年鸡公山国家级自然保护区
外来入侵植物主要入侵途径、繁殖方式的变化
Table 2 Changes in invasion pathway and reproduction of AIPs in JMNRR from 1994 to 2014

主要入侵途径 Mainly invasive pathway	物种数量及所占比例 (%) Number of species and proportion	
	1994 年	2014 年
有意引进 Intentional introduction	25(48.1%)	32(49.2%)
无意引入 Unintentional introduction	23(44.2%)	27(41.6%)
自然扩散 Naturalization	4(7.7%)	6(9.2%)
主要繁殖方式 Mainly reproductive method		
种子繁殖 Seed reproduction	45(91.8%)	53(88.3%)
营养繁殖 Asexual reproduction	1(2.1%)	3(5.0%)
种子和营养繁殖 Seed and asexual reproduction	3(6.1%)	4(6.7%)

外来入侵植物的主要繁殖方式是种子繁殖，新增的入侵植物菊芋和铜锤草主要以营养繁殖为种群增殖方式；水生植物凤眼莲主要以种子和营养繁殖为增殖方式。

4 讨论

生物入侵对入侵区的生态环境、社会经济和人类健康都会造成严重威胁，已成为 21 世纪五大全球性环境问题之一，我国是外来有害生物入侵最为严重的国家之一^[12]。鞠瑞亭等^[24]研究发现，我国外来入侵植物中双子叶和单子叶植物分别约占 79.6%和 20.4%，大陆地区最常见的入侵种来自菊科、禾本科和十字花科；张晴柔等^[13]对上海市外来入侵植物的分析表明，最多为菊科、豆科、禾本

科和苋科等;张斯斯等^[25]研究认为,我国外来入侵植物中,菊科、禾本科、豆科、苋科和十字花科植物占72.3%。本研究结果表明,至2014年鸡公山保护区外来入侵植物中双子叶植物53种、单子叶植物7种,其中,菊科植物最多(13种),其次是豆科(9种)、禾本科(6种)和苋科(6种)。从种类组成上看,该保护区外来入侵植物种类组成与全国其它地区基本相同,说明在全球占主导地位的植物迁移到新环境中成为入侵物种的可能性更大^[26]。

鸡公山保护区外来入侵植物主要来源于美洲、欧洲、亚洲和非洲,无论是1994年还是2014年,来源于美洲的外来入侵植物都占50.0%以上,这可能与美洲和中国大陆有较相似的气候环境、频繁的贸易及人员交流有关^[27]。生活型是植物发展历程中对一定生境长期适应所形成的基本生存形式,植物的生活型在某种程度上反映了植物与环境的统一性,也是对相应地区自然地理条件的综合反映^[28]。从生活型来看,该保护区外来入侵植物主要为陆生植物,占到总数的95.0%以上,从1994年到2014年在物种数量上均为:一年生植物>一、二年生植物>多年生草本植物。在这20年内,外来入侵植物中一、二年生和多年生草本入侵植物增加较多,分别增加了4种(一、二年生)和5种(多年生)。外来物种的奠基种群通常很小,为了实现入侵必须具有应对环境和遗传等不确定性因素的能力,在这种生境中短命植物表现出明显的优势^[29]。该保护区从1994年至2014年新增了菊芋、铜锤草和凤眼莲等5种多年生入侵植物,它们是无性繁殖能力很强的克隆植物,在较强外界干扰条件下也能进行传播和增殖。

中国有50.0%的外来入侵植物是作为牧草或饲料、观赏植物、纤维植物、药用植物、蔬菜和草坪植物而引进的^[18]。从入侵途径来看,该保护区从1994年到2014年入侵植物都是有意引进>无意引入>自然扩散,其中,有意引进约占50.0%。入侵植物的繁殖方式主要是种子繁殖,且种子的大小、形态、数量、寿命和传播方式对植物的传播扩散具有直接影响。一般情况下入侵植物的种子比本地植物种子具有更多的数量、较小的体积、较长的保存时间以及可借助风或动物传播,这些特性均能增强其远距离传播和入侵的能力^[25,30–33]。

从本研究结果来看,1994至2014年该保护区

外来入侵植物从49种增加到60种,增加的11种外来入侵植物(菊科4种,豆科2种,苋科、十字花科、大戟科、酢浆草科和雨久花科各1种)均为草本植物。其中,陆生植物有10种,有意引进的有7种,来源于美洲的有6种,以种子作为主要繁殖方式的有9种。因此,该保护区生物多样性保护以及引种上,要加强对来自美洲的、以种子作为繁殖方式的陆生草本植物成为入侵植物风险的监控和管理。

外来种能成功入侵是外来植物自身的入侵特征、入侵地的生态系统特征以及人类活动等因素相互作用的结果^[34]。通过对信阳市1951–2010年间温度和降水的变化分析发现,在全球气候变化背景下,信阳市平均温度呈明显上升趋势,每5年平均温度从14.7℃(1951–1955年)上升到16.0℃(2006–2010年);降水量年际间波动也较大,但整体上变化不大。张帅等^[35]以我国74个地区282种外来入侵植物的分布和环境数据为基础进行了分析,发现年降水量、年均温度是影响我国外来入侵植物地理分布最重要的气象因素,随着年均温度、无霜期、人口密度、交通密度等的增加,外来入侵植物的种数呈线性增加。Sorte等^[36]对美国陆生、水生生态系统157种入侵生物和204种本土生物进行了对比,发现在温度上升和二氧化碳浓度升高的条件下,入侵生物能够很快适应并表现出比本土物种更强的耐受性;Willis等^[37]也发现入侵物种能够迅速适应气温变化。从1994至2014年,鸡公山国家级自然保护区新增外来入侵植物11种,增加了22.4%,这也和信阳地区的温度增加,人口、交通密度提高有关。因此,在全球气候变化背景下,生物入侵并非独立事件,我们应将其置于全球变化的大环境中综合考虑诸多问题的相关性^[38],更多关注气候变化背景下外来植物入侵的变化、风险、适应策略,有针对性地预测和制定防控政策和措施。

参考文献:

- [1] 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.
Wan FH, Guo JY, Wang DH. Alien invasive species in China: their damages and management strategies [J]. *Biodiversity Science*, 2002, 10(1): 119–125.
- [2] Balmford A, Bennun L, Brink BT, Cooper D, Côte IM, Crane P, Dobson A, Dudley N, Dutton I, Green RE,

- Gregory RD, Harrison J, Kennedy ET, Kremen C, Leader-Williams N, Lovejoy TE, Mace G, May R, Mayaux P, Morling P, Phillips J, Redford K, Ricketts TH, Rodríguez JP, Sanjayan M, Schei PJ, Van Jaarsveld AS, Walther BA. Ecology: the convention on biological diversity's 2010 target[J]. *Science*, 2005, 307(5707): 212–213.
- [3] Pimentel D, Zuniga R, Morrison D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States[J]. *Ecol Econ*, 2005, 52(3): 273–288.
- [4] Richardson DM, Pyšek P, Rejmánek M, Barbour MG, Dane Panetta F, West CJ. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions[J]. *Divers Distrib*, 2000, 6(2): 93–107.
- [5] 徐正浩, 王一平. 外来入侵植物成灾的机制及防除对策[J]. 生态学杂志, 2004, 23(3): 124–127.
- Xu ZH, Wang YP. Disastrous mechanisms and control strategies of alien invasive plant[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(3): 124–127.
- [6] 马金双. 中国入侵植物名录[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013: 1–292.
- Ma JS. The Checklist of the Invasive Plants[M]. Beijing: Higher Education Press, 2013: 1–292.
- [7] Richardson DM, Pyšek P. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility[J]. *Prog Phys Geog*, 2006, 30(3): 409–431.
- [8] Catford JA, Jansson R, Nilsson C. Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework[J]. *Divers Distrib*, 2009, 15(1): 22–40.
- [9] Bai F, Chisholm R, Sang WG, Dong M. Spatial risk assessment of alien invasive plants in china[J]. *Environ Sci Technol*, 2013, 47: 7624–7632.
- [10] 叶永忠, 李培学, 瞿文元. 河南鸡公山自然保护区科学考察集[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 1–323.
- Ye YZ, Li PX, Qu WY. Scientific Survey of Henan Jigongsan Nature Reserve[M]. Beijing: Science Press, 2014: 1–323.
- [11] 褚延梅, 杨健, 李景吉, 彭培好. 三种增温情景对入侵植物空心莲子草形态可塑性的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(6): 1411–1417.
- Chu YM, Yang J, Li JJ, Peng PH. Three warming scenarios differentially affect the morphological plasticity of an invasive herb *Alternanthera philoxeroides*[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(6): 1411–1417.
- [12] 朱耿平, 刘强, 高玉葆. 提高生态位模型转移能力来模拟入侵物种的潜在分布[J]. 生物多样性, 2014, 22(2): 223–230.
- Zhu GP, Liu Q, Gao YB. Improving ecological niche model transferability to predict the potential distribution of invasive exotic species[J]. *Biodiversity Science*, 2014, 22(2): 223–230.
- [13] 张晴柔, 蒋赏, 鞠瑞亭, 潘晓云. 上海市外来入侵物种[J]. 生物多样性, 2013, 21(6): 732–737.
- Zhang QR, Jiang S, Ju RT, Pan XY. Diversity of invasive species in Shanghai[J]. *Biodiversity Science*, 2013, 21(6): 732–737.
- [14] 彭宗波, 蒋英, 蒋菊生. 海南岛外来植物入侵风险评价指标体系[J]. 生态学杂志, 2013, 32(8): 2029–2034.
- Peng ZB, Jiang Y, Jiang JS. Risk evaluation indicator system for exotic plant invasion in Hainan Island, South China[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(8): 2029–2034.
- [15] Catford JA, Veski PA, Richardson DM, Pyšek P. Quantifying levels of biological invasion: Towards the objective classification of invaded and invulnerable ecosystems[J]. *Global Change Biol*, 2012, 18(1): 44–62.
- [16] 侯有明, 胡琼波, 万方浩, 尤民生. 国家自然科学基金资助的生物入侵基础研究概况[J]. 生物安全学报, 2011, 20(1): 20–28.
- Hou YM, Hu QB, Wan FH, You MS. A conspectus of basic research on biological invasions in China supported by the National Natural Science Foundation[J]. *Journal of Biosafety*, 2011, 20(1): 20–28.
- [17] 李振宇, 解焱. 中国外来入侵种[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002: 98–189.
- Li ZY, Xie Y. China Alien Invasive Species[M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 2002: 98–189.
- [18] 徐海根, 强胜. 中国外来入侵物种编目[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004: 45–258.
- Xu HG, Qiang S. Inventory Invasive Alien Species in China[M]. Beijing: China Environment Science Press, 2004: 45–258.
- [19] 杨健. 我国外来生物入侵的现状及管理对策研究[D]. 荆州: 长江大学, 2013.
- Yang J. The status and management countermeasures of alien biological invasion in China[D]. Jingzhou: Yangtze University, 2013.
- [20] 李长看, 张云霞, 贾元翔, 张光宇. 河南省生物入侵种调查及对策研究[J]. 河南农业大学学报, 2011, 45(6): 672–677.
- Li CK, Zhang YX, Jia YX, Zhang GY. Research on investigation into the alien invasive biological species in Henan Province and measure for it[J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2011, 45(6): 672–677.
- [21] 朱长山, 田朝阳, 吕书凡, 张云霞, 徐霞, 和月霞, 史素芳. 河南外来入侵植物调查研究及统计分析[J]. 河南农业大学学报, 2007, 41(2): 183–187.
- Zhu CS, Tian ZY, Lv SF, Zhang YX, Xu X, He YX, Shi SF. Investigation on and statistical analysis of alien inva-

- sive plants in Henan Province[J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2007, 41(2): 183–187.
- [22] 董东平, 叶永忠. 河南外来入侵植物区系成分与成灾机制[J]. 河南科学, 2007, 25(5): 765–769.
Dong DP, Ye YZ. Studies on flora alien invasive plants and disastrous mechanisms in Henan [J]. *Henan Science*, 2007, 25(5): 765–769.
- [23] 宋朝枢. 鸡公山自然保护区科学考察集[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 1–212.
Song CS. Scientific Survey of the Jigongshan Mountain National Nature Reserve[M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1994: 1–212.
- [24] 鞠瑞亭, 李慧, 石正人, 李博. 近十年中国生物入侵研究进展[J]. 生物多样性, 2012, 20(5): 581–611.
Ju RT, Li H, Shi ZR, Li B. Progress of biological invasions research in China over the last decade[J]. *Biodiversity Science*, 2012, 20(5): 581–611.
- [25] 张斯斯, 肖宜安. 中国外来入侵植物生活型与性系统多样性[J]. 植物研究, 2013, 33(3): 351–359.
Zhang SS, Xiao YA. Life-form and diversity of sexual system of invasive alien plants in China[J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2013, 33(3): 351–359.
- [26] 郭屹立, 丁圣彦, 苏思, 卢训令, 苑晓雯, 郭静静, 李乾玺. 伊洛河流域外来草本植物分布格局[J]. 生态学报, 2013, 33(17): 5438–5447.
Guo YL, Ding SY, Su S, Lu XL, Yuan XW, Guo JJ, Li QX. Distribution patterns of alien herbs in the Yiluo River basin[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(17): 5438–5447.
- [27] Weber E, Sun SG, Li B. Invasive alien plants in China: diversity and ecological insights[J]. *Biol Invasions*, 2008, 10(8): 1411–1429.
- [28] 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 XL, Shou HY, Ma JS. The alien invasive plants in Zhejiang province, China [J]. *Plant Diversity and Resources*, 2014, 36(1): 77–88.
- [29] 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.
Li B, Xu BS, Chen JK. Perspectives on general trends of plant invasions with special reference to alien weed flora of Shanghai[J]. *Biodiversity Science*, 2001, 9(4): 446–457.
- [30] 陈蕾伊. 环境因子对植物入侵的影响与外来植物风险评估分析[D]. 广州: 中山大学, 2012.
Chen LY. Effects of environmental factors on plant invasion and risk assessment for invasive species [D]. Guangzhou: Sun Yat-sen University, 2012.
- [31] Coutts SR, van Klinken RD, Yokomizo H, Buckley YM. What are the key drivers of spread in invasive plants: dispersal, demography or landscape; and how can we use this knowledge to aid management? [J]. *Biol Invasions*, 2011, 13(7): 1649–1661.
- [32] Abhilasha D, Joshi J. Enhanced fitness due to higher fecundity, increased defence against a specialist and tolerance towards a generalist herbivore in an invasive annual plant [J]. *J Plant Ecol*, 2009, 2(2): 77–86.
- [33] Dawson W, Burslem D, Hulme PE. Factors explaining alien plant invasion success in a tropical ecosystem differ at each stage of invasion [J]. *J Ecol*, 2009, 97(4): 657–665.
- [34] 吴晓雯, 罗晶, 陈家宽, 李博. 中国外来入侵植物的分布格局及其与环境因子和人类活动的关系[J]. 植物生态学报, 2006, 30(4): 576–584.
Wu XW, Luo J, Chen JK, Li B. Spatial patterns of invasive alien plants in China and its relationship with environmental and anthropological factors[J]. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(4): 576–584.
- [35] 张帅, 郭水良, 管铭, 印丽萍, 张若轩. 我国入侵植物多样性的区域分异及其影响因素——以 74 个地区数据为基础[J]. 生态学报, 2010, 30(16): 4241–4256.
Zhang S, Guo SL, Guan M, Yin LP, Zhang RX. Diversity differentiation of invasive plants at a regional scale in China and its influencing factors: according to analyses on the data from 74 regions [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(16): 4241–4256.
- [36] Sorte CJB, Ibanez I, Blumenthal DM, Molinari NA, Miller LP, Grosholz ED, Diez JM, Antonio CMD, Olden JD, Jones SJ, Dukes JS. Poised to prosper? A cross-system comparison of climate change effects on native and non-native species performance[J]. *Ecol Lett*, 2013, 16: 261–270.
- [37] Willis CG, Ruhfel BR, Primack RB, Miller-Rushing AJ, Losos JB, Davis CC. Favorable climate change response explains non-native species' success in Thoreau's woods [J]. *PLoS One*, 2010, 5(1): 1–5.
- [38] 吴昊, 丁建清. 入侵生态学最新研究动态[J]. 科学通报, 2014, 59(6): 438–448.
Wu H, Ding JQ. Recent progress in invasion ecology[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2014, 59(6): 438–448.

附录：1994 – 2014 年鸡公山国家级自然保护区外来入侵植物名录（* 为 2014 年新增的入侵种）
Appendix: List of AIPs in JMNNR from 1994 to 2014（* indicates newly invading plants in 2014）

科 Family	属 Genus	外来入侵植物 Alien invasive plant	起源 Origin	引入方式 Invasive pathway	生活型 Life form	主要繁殖方式 Mainly reproductive method
苋科 Amaranthaceae	苋属 <i>Amaranthus</i>	反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	南美热带	有意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
	苋属 <i>Amaranthus</i>	刺苋 <i>Amaranthus spinosus</i> L.	热带北美洲	无意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
	苋属 <i>Amaranthus</i>	皱果苋 <i>Amaranthus viridis</i> L.	南美热带	无意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
	苋属 <i>Amaranthus</i>	凹头苋 <i>Amaranthus lividus</i> L.	热带美洲	无意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
	苋属 <i>Amaranthus</i>	尾穗苋 <i>Amaranthus caudatus</i> L. *	南美热带	有意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
	莲子草属 <i>Alternanthera</i>	空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	南美洲	有意引进	水生、陆生、多年生草本	营养繁殖
藜科 Chenopodiaceae	藜属 <i>Chenopodium</i>	土荆芥 <i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	中南美洲	无意引进	陆生、一年生或多年生草本	种子繁殖
石竹科 Caryophyllaceae	王不留行属 <i>Vaccaria</i>	王不留行 <i>Vaccaria segetalis</i> (Neck.) Garc.	欧洲	无意引进	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
双子叶植物 Dicotyledon	豚草属 <i>Ambrosia</i>	豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	北美	无意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
	鬼针草属 <i>Bidens</i>	鬼针草 <i>Bidens pilosa</i> L.	南美热带	无意引入	陆生、一年生草本	种子繁殖
	紫菀属 <i>Aster</i>	钻形紫菀 <i>Aster subulatus</i> Michx.	北美洲	无意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
	牛膝菊属 <i>Galinsoga</i>	牛膝菊 <i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	南美洲	无意引入	陆生、一年生草本	种子繁殖
	白酒花属 <i>Conyza</i>	野塘蒿 <i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq. *	南美洲	无意引入或自然扩散	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
	白酒花属 <i>Conyza</i>	加拿大蓬 <i>Conyza Canadensis</i> L.	北美	无意引入或自然扩散	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
	飞蓬属 <i>Erigeron</i>	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	北美洲	无意引入或自然扩散	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
	向日葵属 <i>Helianthus</i>	菊芋 <i>Helianthus tuberosus</i> L. *	非洲	有意引进	陆生、多年生草本	营养繁殖
	苦苣菜属 <i>Sonchus</i>	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i> L. *	欧洲	无意引入或自然扩散	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
	苦苣菜属 <i>Sonchus</i>	续断菊 <i>Sonchus asper</i> (L.) Hill.	欧洲	无意引入或自然扩散	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
	菊苣属 <i>Cichorium</i>	菊苣 <i>Cichorium intybus</i> L. *	欧洲	有意引进	陆生、多年生草本	种子繁殖
	金鸡菊属 <i>Coreopsis</i>	剑叶金鸡菊 <i>Coreopsis lanceolata</i> L.	北美洲	有意引进	陆生、多年生草本	种子、根茎繁殖
	金鸡菊属 <i>Coreopsis</i>	两色金鸡菊 <i>Coreopsis tinctoria</i> Nutt.	北美洲	有意引进	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖

续附录

	科 Family	属 Genus	外来入侵植物 Alien invasive plant	起源 Origin	引入方式 Invasive pathway	生活型 Life form	主要繁殖方式 Mainly reproductive method
双子叶植物 Dicotyledon	十字花科 Cruciferae	牵牛属 <i>Pharbitis</i>	裂叶牵牛 <i>Pharbitis nil</i> (L.) Ching	美洲热带	有意引进	陆生、一年生缠绕草本	种子繁殖
		牵牛属 <i>Pharbitis</i>	圆叶牵牛 <i>Pharbitis purpurea</i> (L.) Voigt	南美热带	有意引进	陆生、一年生缠绕草本	种子繁殖
		菟丝子属 <i>Cuscuta</i>	日本菟丝子 <i>Cuscuta japonica</i> Chorisy	日本	自然扩散	陆生、一年生寄生缠绕草本	种子繁殖
	旋花科 Convolvulaceae	臭芥属 <i>Coronopus</i>	臭芥 <i>Coronopus didymus</i> (L.) Sm.	欧洲	无意引进	陆生、1 ~ 2 年生匍匐草本	种子繁殖
		独行菜属 <i>Lepidium</i>	北美独行菜 <i>Lepidium virginicum</i> L. *	美洲	无意引进	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
		豆瓣菜属 <i>Nasturtium</i>	豆瓣菜 <i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	欧洲	有意引进	水生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
	豆科 Leguminosae	苜蓿属 <i>Medicago</i>	紫苜蓿 <i>Medicago sativa</i> L. *	亚洲西部	有意引进	陆生、多年生草本	种子繁殖
		苜蓿属 <i>Medicago</i>	南苜蓿 <i>Medicago hispida</i> Gaertn.	印度、伊朗	有意引进	陆生、一年生或多年生草本	种子繁殖
		苜蓿属 <i>Medicago</i>	小苜蓿 <i>Medicago minima</i> (L.) Grufberg	欧亚	有意引进	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
		含羞草属 <i>Mimosa</i>	含羞草 <i>Mimosa pudica</i> L.	南美热带	有意引进	陆生、多年生草本	种子繁殖
		刺槐属 <i>Robinia</i>	刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	美国东部	有意引进	陆生、落叶乔木	种子繁殖
		车轴草属 <i>Trifolium</i>	红车轴草 <i>Trifolium pretense</i> L.	欧洲	有意引进	陆生、多年生草本	种子繁殖
		车轴草属 <i>Trifolium</i>	白车轴草 <i>Trifolium repens</i> L.	欧洲	有意引进	陆生、多年生草本	匍匐茎和种子繁殖
	锦葵科 Malvaceae	草木樨属 <i>Melilotus</i>	白花草木樨 <i>Melilotus albus</i> Medic. ex Desr	亚洲	有意引进	陆生、二年生草本	种子繁殖
		野豌豆属 <i>Vicia</i>	长柔毛野豌豆 <i>Vicia villosa</i> Roth *	欧洲及中亚 伊朗	有意引进	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
		木槿属 <i>Hibiscus</i>	野西瓜苗 <i>Hibiscus trionum</i> L.	中非	无意引入	陆生、一年生草本	种子繁殖
	紫茉莉科 Nyctaginaceae	苘麻属 <i>Abutilon</i>	苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i> Medik.	北美洲	有意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
		紫茉莉属 <i>Mirabilis</i>	紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i> L.	南美热带	有意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
	酢浆草科 Oxalidaceae	酢浆草属 <i>Oxalis</i>	铜锤草 <i>Oxalis corymbosa</i> DC. *	南美热带	有意引进	陆生、多年生草本	营养繁殖
	商陆科 Phytolaccaceae	商陆属 <i>Phytolacca</i>	美洲商陆 <i>Phytolacca americana</i> L.	北美洲	有意引进	陆生、多年生草本	根茎和种子繁殖
	牻牛儿苗科 Geraniaceae	老鹳草属 <i>Geranium</i>	野老鹳草 <i>Geranium carolinianum</i> L.	北美洲	无意引入	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
	马鞭草科 Verbenaceae	马樱丹属 <i>Lantana</i>	马樱丹 <i>Lantana camara</i> L.	南美热带	有意引进	陆生、直立或蔓生灌木	种子繁殖
	玄参科 Scrophulariaceae	婆婆纳属 <i>Veronica</i>	直立婆婆纳 <i>Veronica arvensis</i> L.	欧洲	无意引入	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
		婆婆纳属 <i>Veronica</i>	婆婆纳 <i>Veronica didyma</i> Tenore	欧洲	无意引入	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖

续附录

	科 Family	属 Genus	外来入侵植物 Alien invasive plant	起源 Origin	引入方式 Invasive pathway	生活型 Life form	主要繁殖方式 Mainly reproductive method
双子叶植物 Dicotyledon	茄科 Solanaceae	曼陀罗属 <i>Datura</i>	毛曼陀罗 <i>Datura innoxia</i> Mill.	美洲	有意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
		曼陀罗属 <i>Datura</i>	曼陀罗 <i>Datura stramonium</i> L.	墨西哥	有意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
		曼陀罗属 <i>Datura</i>	洋金花 <i>Datura metel</i> L.	印度	有意引进	陆生、一年生草本	种子繁殖
		酸浆属 <i>Physalis</i>	苦蕒 <i>Physalis angulata</i> L.	美洲	无意引入	陆生、一年生草本	种子繁殖
	伞形科 Umbelliferae	胡萝卜属 <i>Daucus</i>	野胡萝卜 <i>Daucus carota</i> L.	欧洲	无意引入	陆生、二年生草本	种子繁殖
	大戟科 Euphorbiaceae	大戟属 <i>Euphorbia</i>	斑地锦 <i>Euphorbia maculate</i> L. *	北美洲	无意引入	陆生、一年生草本	种子繁殖
		大戟属 <i>Euphorbia</i>	泽漆 <i>Euphorbia helioscopia</i> L.	南美热带	无意引入	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
蓖麻属 <i>Ricinus</i>		蓖麻 <i>Ricinus communis</i> L.	非洲东北部	有意引进	陆生、一年生粗壮草本或草质灌木	种子繁殖	
单子叶植物 Monocotyledon	禾本科 Gramineae	燕麦属 <i>Avena</i>	野燕麦 <i>Avena fatua</i> L.	南欧地中海地区	无意引入	陆生、一年生禾草	种子繁殖
		毒麦属 <i>Lolium</i>	毒麦 <i>Lolium temulentum</i> L.	欧洲	无意引入	陆生、1 ~ 2 年生草本	种子繁殖
		毒麦属 <i>Lolium</i>	黑麦草 <i>Lolium perenne</i> L.	欧洲	有意引进	陆生、多年生草本	种子繁殖
		毒麦属 <i>Lolium</i>	多花黑麦草 <i>Lolium multiflorum</i> Lamk.	欧洲	有意引进	陆生、一年生或短寿多年生草本	种子繁殖
		簕属 <i>Eleusine</i>	牛筋草 <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	印度	无意引入	陆生、一年生草本	种子繁殖
	梯牧草属 <i>Phleum</i>	梯牧草 <i>Phleum pratense</i> L.	欧洲、亚洲西部	有意引进	陆生、多年生草本	种子繁殖	
	雨久花科 Pontederiaceae	凤眼莲属 <i>Eichhornia</i>	凤眼莲 <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms *	南美洲热带	有意引进	水生、多年生草本	营养和种子繁殖

(责任编辑: 张 平)