

doi:10.11937/bfyy.20172933

观赏植物与生物入侵

张宝成¹, 王平², 金星³

(1. 遵义师范学院 生物与农业科技学院, 贵州 遵义 563002; 2. 海南热带海洋学院 海洋科学技术学院, 海南 三亚 572022; 3. 遵义师范学院 物理与电子科学学院, 贵州 遵义 563002)

摘 要:观赏植物是造成生物入侵的重要途径之一,生物入侵不仅带来一系列环境问题,还产生巨大的经济损失。该研究对引种观赏植物逃逸后成为入侵植物的机制进行了总结。结果表明:观赏入侵植物的入侵途径主要有,1)通过高的生物量和凋落物的快速分解增加土壤营养物质;2)逃避天敌和致病生物;3)抢夺光照资源;4)改变土壤丛枝菌根和微生物群落;5)增加固氮菌和土壤酶活性;6)产生化感物质等6个因素。在与土著植物竞争时,入侵植物通过这些入侵策略在群落中处于优势地位。同时,在入侵植物的引种管理中需要建立正确的评价机制、加强引种风险认识、增加生态学知识、提高入侵植物与人类健康的意识;在法规方面应该建立健全相关法规制度,尽量避免引种造成的入侵。

关键词:观赏植物;入侵机制;土壤;微生物;评价

中图分类号:S 68 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)05-0178-06

1 研究意义

具有观赏价值的维管束植物有5万余种,均被广泛利用。随着全球贸易频繁往来,许多观赏园艺植物成为危害性很强的入侵种。国内外观赏植物成为入侵植物的危害呈增加趋势,已成为危

胁生态环境的重要问题之一^[1]。随着我国经济快速发展,观赏绿化成为一种重要产业,一些具有新奇观赏性的植物商业价值极高。在高额利润面前,众多单位涉足引种,并大量推广^[2],由于对其的管理不善、随意扩散,造成入侵我国的观赏植物达84种,隶属30科^[3]。

入侵植物严重影响到园林绿化系统的生态安全^[4],同时造成巨大的经济损失。入侵植物给美国每年造成的损失为1500亿美元,给印度每年造成的损失为1300亿美元,给南非每年造成的损失为800亿美元;给我国每年造成的损失高达1198.76亿元^[5]。

2 研究进展

对植物入侵的机制缺乏深入的认识,盲目的引种观赏植物导致其成为入侵植物。如最初墨西哥引种紫茎泽兰作为观赏植物,但是后来成为入侵植物。研究发现紫茎泽兰通过改变根系土壤微生物群落的组成和固氮菌^[6]促进其生长并对土著植物进行排挤。入侵植物的机制主要集中在:入侵植物高的生物量和快的叶凋落物快速分解特

第一作者简介:张宝成(1978-),男,博士,副教授,现主要从事全球变化等研究工作。E-mail: zhangbc@fudan.edu.cn.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31660106);贵州省千层次创新型人才资助项目(遵市科合人才[2016]4号);贵州省科技厅合作资助项目(黔科合LH字(2015)7032);贵州省教育厅资助项目(黔教合KY字[2014]260);遵义师范学院博士启动基金资助项目(遵师BS[2014]06,BS[2014]07号);贵州省教育厅2017年普通本科高校自然科学资助项目(黔教合KY字[2017]052);海南省自然科学基金资助项目(417151);海南热带海洋学院博士科研启动基金资助项目(RHDXB201613);海南热带海洋学院教学改革资助项目(RDJGb2016-18);海南省特色重点学科资助项目。

收稿日期:2017-11-21

性,增加了土壤中硝态氮含量从而促进入侵成功^[7];丛枝菌根真菌(AMF)、固氮菌、土壤微生物

群落、土壤物质循环过程增加营养物质的吸收,有利于与土著植物竞争中处于优势地位(图1)。

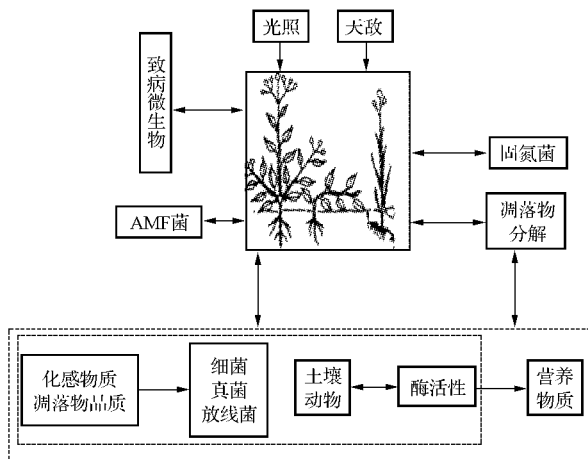


图1 观赏植物入侵植物机制

Fig. 1 Invasion mechanism of ornamental plants

2.1 入侵植物对本土植物光照的影响

植物入侵后掠夺光照资源,抑制乡土植物的光合作用从而在竞争中处于优势地位。曾作为观赏植物的五叶地锦引入长春后,发现它与土著植物榆树抢夺营养和光照等资源,造成土著榆树死亡,并利用其繁殖优势扩散争夺新领地^[8]。常春藤和金银花在美国华盛顿入侵后,掠夺了乡土优势群落(鹅掌楸+榆树+黑樱桃)层的光照,导致土著植物饥饿死亡^[9]。我国的葛藤曾引种到美国作为绿化植物也曾出现争夺光照导致本土植物碳饥饿死亡^[10]。

2.2 固氮微生物对观赏入侵植物的影响

氮在植物光合作用中主要以酶的形式影响植物的生长。观赏植物入侵后增加了其根系土壤中固氮菌的活性^[11],促进了光合作用,加快了入侵进程。曾作为观赏植物紫茎泽兰入侵后,增加土壤中固氮菌数量^[6]。观赏植物五爪金龙也增加了自生固氮菌及氨氧化细菌数量^[12],提高了入侵能力。

2.3 丛枝菌根对观赏植物入侵的影响

菌根与植物共生,植物供给菌根营养物质,菌根帮助其获取水和营养物质。因此大部分陆生植物都受到丛枝菌根(AMF)的侵染。如从澳洲坚果中提取的次生物能促进共生AMF孢子萌发及

其生长^[13]。AMF不但有助于入侵植物入侵,还抑制了土著植物的AMF及其菌根孢子的生长^[14]。曾作为观赏植物引种的橡胶紫茉莉,它改变了土壤丛枝菌的群落组成,增加了根系磷的吸收、促进了生物量增加^[15]。观赏植物大花金鸡菊抑制了土著植物须苞石竹中球囊霉的子密度和多样性^[14],从而提高了在群落中的竞争地位。与土著植物相比,在高氮沉降环境中入侵植物有较多的丛枝菌孢子,且还增加了氮的吸收速率^[16],提高了入侵能力。

2.4 入侵对土壤微生物的影响

微生物在凋落物分解和营养物质矿化等方面有重要作用。入侵植物能够打破土著植物与土壤微生物长期形成的平衡^[17],阻碍土著植物的营养获取。不利于土著植物的生长繁殖和更新,从而在群落竞争中处于竞争优势。与土著植物相比,观赏植物美蟛蜞菊入侵仅增加了根际土壤真菌微生物群落的丰富度^[18]。柔枝莠竹入侵显著改变了土壤微生物群落结构^[19-20],紫茎泽兰入侵也出现类似结果^[6]。薇甘菊入侵显著提高了土壤微生物群落的功能多样性^[21-22]。豚草入侵增加了土壤中可利用碳,提高了微生物活性^[23],五爪金龙和南美蟛蜞菊入侵后增加了土壤真菌^[12],提高了土壤微生物碳源利用率^[24]。加拿大一枝黄花入侵后土壤中细菌、放线菌和真菌增幅在83.25%~

154.47%^[25]。观赏植物紫茎泽兰与黄顶菊入侵增强了土壤微生物代谢活性^[26-27],增加了可利用性营养物质。但是也有报道,入侵植物仅增加了土壤真核生物多样性^[28]。由于入侵植物与土壤微生物机理及过程的复杂性,现仍存在很大争议^[17],今后需要深入系统的研究。

2.5 影响土壤酶活性

入侵植物影响土壤酶活性,土壤酶活性对土壤中的营养物质转化为植物可吸收利用态起关键作用。如植物易吸收的无机氮是土壤有机氮由尿酶催化转化的,磷也是在磷酸酶催化下转化为植物可利用吸收态。曾作为观赏植物的五爪金龙,入侵后土壤中的氮转化酶(脲酶和硝酸还原酶)、蔗糖酶、磷酸酶比土著植物区土壤的酶活性增幅达200%以上^[12]。五爪金龙、南美蟛蜞菊入侵区的蔗糖酶活性分别增加322.58%和157.14%^[24]。紫茎泽兰入侵后增加了土壤酶活性^[29-30],柔枝莠竹入侵后土壤纤维素酶、多酚氧化酶活性显著增强^[21]。薇甘菊入侵增加了土壤蔗糖酶、蛋白酶、 β -葡萄糖苷酶和磷酸酶活性;土壤蔗糖酶对土壤有机质的转化和土壤微生物具有重要作用^[31]。因此,入侵植物通过土壤酶活性改变土壤肥力^[29-30],增加其在新环境中的竞争能力。

2.6 化感物质对土著植物的影响

入侵植物体内生成一些特殊的化学物质,然后通过植物残体和根系分泌物的形式进入土壤。这些凋落物和残体通过腐解淋溶和根系分泌等途径把一些化感物质释放进入土壤^[32]。入侵植物分泌化感物质使土著植物无法短期适应这些毒素^[33]等化感物质对土著植物及其环境(包括动物和微生物)产生直接或间接的作用^[34]。这些化感物质改变土壤微环境中的酸碱度、有机碳和微生物群落组成,间接增加了入侵植物在入侵地的竞争能力^[35-36],从而在群落竞争中处于优势。如南美蟛蜞菊入侵明显改变土壤微生物群落的结构组成^[20];狭叶越桔入侵通过酚类物质抑制土著植物的真菌共生体和菌根^[34,37],从而达到抑制邻近植物生长的作用。

2.7 入侵植物逃避天敌与致病生物

远离天敌^[38]和致病生物^[39]是观赏植物成功入侵的重要原因。入侵植物远离原产地天敌,在

入侵区域很容易蔓延爆发^[40]产生严重生态危害。如中国葛藤曾被作为绿化植物引种到美国,由于葛藤在美国迅速生长蔓延造成生态灾难,因此在1953年美国开始限制栽培甚至部分州宣布栽植葛藤违法^[10]。葛藤在美国造成生态灾难的原因是天敌少,其原产地天敌生物中共有真菌12种(分属4门8科),天敌昆虫48种(分属3目15科)^[41]。

入侵植物促进土壤中土著植物致病的病原菌从而抑制其生长。如飞机草促进了当地植物易感染的真菌-半裸镰刀菌土壤病原微生物生长,从而在竞争中处于优势^[42]。入侵植物的内生致病性镰刀菌从原产地携带至入侵地,导致土著植物感病,促进其在入侵地的生态优势^[39]。入侵植物增加土传病害卵菌,降低了土著植物的幼苗数目^[43]。入侵植物也是一些病虫害的寄主,造成病虫害对土著植物的抑制有利于自己在群落中的竞争。

入侵植物要经过暂居、逃逸和入侵等阶段。由于时滞效应,观察到观赏植物的入侵特性需要很长时间^[1]。随着外界环境因子的变化,外来观赏植物易逃离引种生境形成新野/半种群。极端气候事件(极端高温、病虫害、降水模式变化等呈现增加趋势)的增加可能造成病虫害的爆发^[44],改变生态系统的生态位,从而有利于外来植物的入侵。极端事件,如温度降水模式^[45]等因子的变化,会改变土壤营养物质的可获得性,影响植物的资源利用率。外来植物在短期快速繁殖超过当地的土著植物,可能成为入侵种。

3 存在的问题及建议

3.1 存在的问题

随着我国经济的发展,引进大量外来观赏植物,部分商家用“新”“奇”“贵”“洋”等思想对观赏植物消费进行不健康引导;以及引种的盲目性和引种风险分析预测评价不足,造成引种的观赏植物成为入侵种^[8,46-47]。由于引种行业的限制较少,在利益化的推动下,急功近利引入新品种试验缺乏扎实系统的研究,甚至部分品种引种和推广同时进行^[2]导致引种观赏植物成为入侵植物。

观赏植物造成的入侵是近年来才出现的生态

环境问题。由于对其入侵机制认识不到位,在生产实践和引种观赏植物时缺乏相关的监督,相应法规不完善,下面对其存在的问题进行分析。

3.1.1 对引种缺乏正确的评价机制

我国市场化时间较短,关于引种的法规和监管不完善,因此引种观赏植物由繁殖是否容易、市场和利润决定,甚至出现“当年引种,当年推广”被视为“成果”的现状^[47],这些行为挑战了植物引种的科学性和规范性。曾作为观赏引进的植物紫茎泽兰由于缺乏规范系统的研究,从原产地引种到三大洲,现已成为最严重的100种入侵生物之一^[1]。

3.1.2 管理困难

在城市绿化和公园保护绿化系统受外来生物入侵成为园林建设和维护的重要议题。由于城市绿化生态系统食物网结构比较简单,目前管理上的简单套用“一刀切”容易导致病虫害爆发^[2]。在20世纪80—90年代,我国林网建设遭受光肩星天牛毁灭性破坏,至今还未恢复。

3.1.3 对生态功能认识缺乏

观赏植物的引种要充分考虑公众的健康。如异种花粉可能导致过敏症^[47],入侵植物豚草花粉会导致人类产生患哮喘和皮炎等过敏甚至丧失劳动力^[48];入侵植物银胶菊的花粉容易诱导人类呼吸疾病和过敏性鼻炎、支气管炎及过敏性皮炎等,危害人类和动物的健康^[49]。如入侵植物毒莠苣和马缨丹等均有毒,如果处理不当可能对身体健康产生危害。

随着全球经济和贸易的频繁来往,增加了不同区域间的引种。在植物引种方面,生态安全意识薄弱,造成引种导致的生物入侵^[2]。如在20世纪90年代,由于未作引种应用试验,圆冠榆在乌鲁木齐和奎屯的倒春寒气候中3~5年内大批死亡,并产生榆树小蠹虫大规模发生^[50]。未考虑生态环境,盲目的在阿勒泰干旱环境实施草坪绿化,由于草坪的高需水量,造成绿化草坪很难维持。

目前有关评价植物入侵重点要考虑传入过程中有意进行传播或是无意传播,以及危害与影响及其防治的可行性^[51]。而在“定殖风险”和“扩散风险”中着重考虑入侵植物的繁殖特性和扩散能力^[52-54]。缺乏系统考虑引种植物对土壤及其邻近土著植物的影响,今后需要加强研究。

3.2 对策

3.2.1 建立完善相关的法律制度体系

由于生物入侵可能产生生态灾难,立法相关部门要重视,避免产生立法漏洞。并制定相关引种造成的入侵事前的预防和评估^[55],提高引种的风险意识。加强引种的准入制度,提高相关的监督和控制力度。另外,要加强研究完善短期的评价指标体系。

3.2.2 建立完善的引种规范技术体系

加强科学规范的引种准入制度,并从引种观赏植物的器官传播的可能传播特性及繁殖特性制定研究方案。在引种观察期注意监管引种植物的各种器官流失到其他区域,尤其加强监管繁殖容易、栽培容易的引种植物的相关材料。并研究引种植物对土壤及其邻近土著植物的影响以及可能的风险意识。加强引种的准入制度,提高相关的监督和控制力度,加强研究完善短期的评价指标体系。

3.2.3 增加公众保护生态环境意识

公众很容易意识到西尼罗河病毒或严重急性呼吸综合征(SAS)对大家健康造成影响,但是很难认识到入侵植物对生态造成负面价值^[56]。加强宣传教育、唤醒公众对生态的保护意识,避免旅游等无意识的携带或者乱扔果核、或挖采一些植物由于叶片或者花等器官独特的颜色性状、可能产生有意或无意充当了入侵植物的传播者,促进了其在更加广泛的区域进行传播,产生意想不到的入侵生态灾难。

参考文献

- [1] 孙卫邦,向其柏. 谈生物入侵与外来观赏植物的引种利用[J]. 中国园林,2004(20):54-56.
- [2] 王萍. 城市园林绿化植物多样性存在的问题及对策[J]. 现代农业科技,2010(9):245-246.
- [3] 王宁,杜丽,周兵,等. 中国外来观赏入侵植物的种类与来源及其风险评价[J]. 华中农业大学学报,2013(4):28-32.
- [4] 唐学亮,杨发忠,熊泽娥. 银川城市园林应对外来有害生物入侵防范策略[J]. 宁夏农林科技,2016,57(3):33-34.
- [5] 王睿芳,冯玉龙. 叶物候、构建消耗和偿还时间对入侵植物碳积累的影响[J]. 生态学报,2009,29(5):2568-2577.
- [6] XU C W, YANG M Z, CHHEN Y J, et al. Changes in non-symbiotic nitrogen-fixing bacteria inhabiting rhizosphere soils of an invasive plant *Ageratina adenophora* [J]. Applied Soil Ecology, 2012, 54: 32-38.

- [7] III B V, HENEGHAN L, RIJAL D, et al. Below-ground causes and consequences of woodland shrub invasions: A novel paired-point framework reveals new insights[J]. Journal of Applied Ecology, 2015, 52(1): 78-88.
- [8] 谢九祥, 刘绍羽, 王咏, 等. 园林引种生物入侵风险评价: 以五叶地锦为例[J]. 防护林科技, 2008(3): 19-21.
- [9] BIRKS H J B. The impact of three exotic plant species on a Potomac Island[J]. Journal of Ecology, 1980, 70(1): 19-21.
- [10] 杨明丽, 付卫东, 张国良. 入侵美国的中国葛藤 *Pueraria lobata* 及其在本土的自然天敌[J]. 农业生物资源与环境调控, 2006(增刊): 169-173.
- [11] LIAO C, PENG R, LUO Y, et al. Altered ecosystem carbon and nitrogen cycles by plant invasion: A meta-analysis[J]. New Phytologist, 2008, 177: 706-714.
- [12] 朱慧, 马瑞君, 吴双桃, 等. 杂草五爪金龙对其入侵地土壤酶活性与微生物群落的影响[J]. 韩山师范学院学报, 2012(3): 34-39.
- [13] 刘建福, 杨道茂, 欧阳明安, 等. 澳洲坚果根系溶提物对 AM 真菌孢子萌发和菌丝生长的影响[J]. 植物生态学报, 2005(29): 1038-1042.
- [14] 柏艳芳, 李敏, 刘润进, 等. 入侵植物大花金鸡菊与伴生植物须苞石竹的互作效应及其对 AM 真菌的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2012(29): 1-5.
- [15] SOUZA T A F D, RODRIGUEZ E A S, ANDRADELA D, et al. Could biological invasion by *Cryptostegia madagascariensis* alter the composition of the arbuscular mycorrhizal fungal community in semi-arid Brazil? [J]. Acta Botanica Brasilica, 2016(30): 93-101.
- [16] SIGUENZA C, CROWLE Y D E, ALLEN E B. Soil microorganisms of a native shrub and exotic grasses along a nitrogen deposition gradient in southern California[J]. Applied Soil Ecology, 2006(32): 13-26.
- [17] 管铭, 潘小翠, 张崇邦, 等. 外来植物入侵的微生物生态学研究进展[J]. 浙江大学学报(理学版), 2015, 42(4): 445-452.
- [18] SI C C, LIU X Y, WANG C Y, et al. Different degrees of plant invasion significantly affect the richness of the soil fungal community[J]. PLoS One, 2013(8): 16.
- [19] KOURTEV P S, EHRENFELD J G, HAGGBLOM M. Exotic plant species alter the microbial community structure and function in the soil[J]. Ecology, 2008, 83(11): 3152-3166.
- [20] KOURTEV P S, EHRENFELD J G, HAGGBLOM M. Experimental analysis of the effect of exotic and native plant species on the structure and function of soil microbial communities[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2003(35): 895-905.
- [21] DUDA J J, FREEMAN D C, EMLIN J M, et al. Differences in native soil ecology associated with invasion of the exotic annual chenopod, halogeton glomeratus [J]. Biology and Fertility of Soils, 2003, 38(2): 72-77.
- [22] LI W H, ZHANG C B, GAO G J, et al. Relationship between *Mikania micrantha* invasion and soil microbial biomass, respiration and functional diversity[J]. Plant and Soil, 2007, 296: 197-207.
- [23] QIN Z, XIE J F, QUANG G M, et al. Impacts of the invasive annual herb *Ambrosia artemisiifolia* L. on soil microbial carbon source utilization and enzymatic activities [J]. European Journal of Soil Biology, 2013, 60: 58-66.
- [24] 全国明, 毛丹鹃, 章家恩, 等. 五爪金龙、南美蟛蜞菊入侵对土壤化学和微生物学性质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016(22): 437-449.
- [25] 周振荣. 外来入侵植物加拿大一枝黄花对根际土壤微环境的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- [26] BAJPAI D, INDERJI T. Impact of nitrogen availability and soil communities on biomass accumulation of an invasive species [J]. AoB Plants, 2013(6): 490-552.
- [27] 赵晓红, 皇甫超河, 曲波, 等. 黄顶菊 (*Flaveria bidentis*) 入侵对土壤微生物功能多样性的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2014(31): 182-189.
- [28] 祖元刚, 高崇洋, 王文杰, 等. 喜树替代紫茎泽兰过程中根际微生物群落特征[J]. 中国科学(生命科学), 2006(36): 459-467.
- [29] NIU H, LIU W, WAN F. An invasive aster (*Ageratina adenophora*) invades and dominates forest understories in China: Altered soil microbial communities facilitate the invader and inhibit natives[J]. Plant and Soil, 2007, 294: 73-85.
- [30] 戴莲, 李会娜, 蒋智林, 等. 外来植物紫茎泽兰入侵对根际土壤有益功能细菌群、酶活性和肥力的影响[J]. 生态环境学报, 2012(21): 237-242.
- [31] 马杰, 皇甫超河, 易津, 等. 4 种替代植物对黄顶菊入侵土壤养分和酶活性的影响[J]. 生态环境学报, 2011(20): 805-812.
- [32] VITOUSEK P M, DANTONIO C M, LOOPE L L, et al. Introduced species: A significant component of human-caused global change[J]. New Zealand Journal of Ecology, 1996(21): 1-16.
- [33] 鞠瑞亭, 李慧, 石正人, 等. 近十年中国生物入侵研究进展[J]. 生物多样性, 2012(20): 581-611.
- [34] 郑丽, 冯玉龙. 入侵植物的生理生态特性对碳积累的影响[J]. 生态学报, 2005(25): 1930-1938.
- [35] 倪广艳, 彭少麟. 外来入侵植物化感作用与土壤相互关系研究进展[J]. 生态环境学报, 2007(16): 644-648.
- [36] 黄乔乔, 沈奕德, 李晓霞, 等. 外来入侵植物在中国的分布及入侵能力研究进展[J]. 生态环境学报, 2012(21): 977-985.
- [37] SCHNEIDER A. Inhibition of forest trees in the Pocono heath barrens: The role of organic chemicals [EB/OL]. <https://www.sccs.swarthmore.edu/users/02/mandy/thesi,2002>.
- [38] HUANG W, CARRILLO J, DING J, et al. Invader partitions ecological and evolutionary responses to above-and below-ground herbivory[J]. Ecology, 2012, 93(11): 2343-2352.
- [39] LI H, ZHANG X M, ZHENG R S, et al. Indirect effects of non-native *Spartina alterniflora* and its fungal pathogen (*Fusarium palustre*) on native salt marsh plants in China[J]. Journal of Ecology, 2014, 102: 1112-1119.

- [40] 丁建清. 植物入侵、天敌防御机制的适应性进化以及生物防治[C]. 中国植物学会七十五周年年会论文摘要汇编, 2008: 26-27.
- [41] ZHENG H. Invasive plants of Asian origin established in the United States and their natural enemies[M]. USDA Forest Service USA, 2004: 80-85.
- [42] MANGLA S, INDERJIT R M. Exotic invasive plant accumulates native soil pathogens which inhibit native plants[J]. Journal of Ecology, 2008, 96: 58-67.
- [43] CROCKER E V, KARP M A, NELSON E B. Virulence of oomycete pathogens from phragmites australis-invaded and noninvaded soils to seedlings of wetland plant species[J]. Ecology & Evolution, 2015, 5(11): 21-27.
- [44] ZHANG B, ZHOU X, ZHOU L, et al. A global synthesis of below-ground carbon responses to biotic disturbance: A meta-analysis[J]. Global Ecology and Biogeography, 2015(24): 126-138.
- [45] ZHANG B, CAO J, BAI Y, et al. Effects of rainfall amount and frequency on vegetation growth in a tibetan alpine meadow[J]. Climatic Change, 2013, 118(2): 197-212.
- [46] 邓元德, 陈开森, 刘志中. 龙岩市乡土野生园林绿化树种引种驯化刍议[J]. 闽西职业技术学院学报, 2011(13): 101-104.
- [47] 张庆费. 园林植物引种与推广存在问题探讨[J]. 园林, 2011(11): 46-49.
- [48] 闫淑君, 洪伟, 吴承祯. 生物入侵对福建生态安全的影响[J]. 森林与环境学报, 2006(26): 275-280.
- [49] PENG C, YANG K C. Unwelcome naturalization of (Asteraceae) in Taiwan[J]. Taiwan, 1998(4): 289-294.
- [50] 杨萍. 论城市绿化植物本地化[J]. 中国林业, 2011(16): 60-60.
- [51] 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): 2029-2034.
- [52] 欧健, 卢昌义. 厦门外来植物入侵风险评价指标体系的建立: 以互花米草入侵风险评价为例[J]. 应用海洋学学报, 2006(25): 437-444.
- [53] 冯幼义, 董晓慧, 胡仁勇, 等. 温州外来入侵植物风险评价体系研究: 以黑荆为例[J]. 植物资源与环境学报, 2010(19): 79-84.
- [54] 窦全丽, 张仁波, 魏志琴. 赤水河中游地区外来植物入侵现状及风险评价[J]. 生态科学, 2015(34): 179-184.
- [55] 孙旭. 我国外来物种入侵环境风险评价制度研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2015.
- [56] DANTONIO C M, JACKSON N E, HORVITZ C C, et al. Invasive plants in wildland ecosystems: Merging the study of invasion processes with management needs[J]. Frontiers in Ecology & the Environment, 2004, 2(10): 513-521.

Ornamental Plants and Biological Invasion

ZHANG Baocheng¹, WANG Ping², JIN Xing³

(1. School of Biological and Agricultural Science and Technology, Zunyi Normal University, Zunyi, Guizhou 563002; 2. School of Ocean Science and Technology, Hainan Tropical Ocean University, Sanya, Hainan 572022; 3. School of Physics and Electronic Science, Zunyi Normal University, Zunyi, Guizhou 563002)

Abstract: Ornamental plants are important source of biological invasion. Biological invasion has caused a series of environmental problems and brought huge economic losses. There were some possible mechanisms affecting soil processes and inhibiting indigenous plants involving, arbuscular mycorrhizal, microbial community, soil enzyme activity, nitrogen fixing bacteria, pathogenic organisms and allelochemicals. There were lacks of reasonable evaluation mechanism, management methods, and the impact on human health, the lack of risk awareness and introduction of ecological knowledge. We proposed to establish and improve the relevant legal system, establish and improve the introduction of standardized technical system, increase public awareness of the protection of ecological environment in preventing biological invasion.

Keywords: ornamental plants; biological invasion; soil; microbe; evaluation