DOI:10.19789/j.1004-9398.2015.02.012

向家坝水电站蓄水对长江廊道紫茎泽兰入侵的影响*

伍自力[1,2] 何 玲[1,2] 李 勇[3] 郭宗锋[1,2**]

(1. 发酵资源与应用四川省高校重点实验室,宜宾 644000; 2. 宜宾学院生命科学与食品工程学院,宜宾 644000;
3. 宜宾职业技术学院,宜宾 644000)

摘 要

长江廊道在紫茎泽兰入侵过程中起到明显的促进作用,向家坝水电站截流蓄水使长江廊道的连通性受到限制,可能对紫茎泽兰沿长江廊道的入侵产生影响. 为了对比分析向家坝水电站截流前后紫茎泽兰入侵的变化,选择位于长江上游的四川宜宾作为研究区域,对坝上垃圾漂浮带和下游长度约34 km、宽约150~200 m的陆域范围进行了调查. 调查结果显示坝上垃圾漂浮带在上游降雨后存在紫茎泽兰植株和种子,下游水域则未见植株,调查后也未发现有蓄水后新生紫茎泽兰植株,并且在上游发现的紫茎泽兰种子没有萌发能力,而蓄水前江水中则存在大量可以萌发的种子,因此判断向家坝电站截流后,导致紫茎泽兰有效繁殖体难以随江水进入坝下,同时坝下河流廊道内气候不利于紫茎泽兰有性繁殖,因此判断向家坝水电站蓄水后对长江流域紫茎泽兰入侵起到了阻滞作用.

关键词: 生物入侵,河流廊道,紫茎泽兰,长江流域.
中图分类号: S451

紫茎泽兰是一种危害极大的外来入侵植物. 研究表明,现有各种治理方法均难以对其进行有效处置,在可能的入侵地进行预防,远比发现紫茎泽兰入侵后再治理更为有效[1-3]. 因而,对其能够入侵哪些区域,尝试对其入侵程度和危害进行预测和评估,一直是紫茎泽兰研究的焦点之一[3-6].

长江洪水在紫茎泽兰入侵过程中起到了很大的促进作用[4]. 金沙江中游的攀枝花、凉山州等地与紫茎泽兰原产地气候有较大的相似性,紫茎泽兰入侵严重[5-6];而金沙江下游和长江流域气候与紫茎泽兰原产地气候有较大的差异[7-9],对紫茎泽兰的有性繁殖有较大的制约作用. 紫茎泽兰种子是其远距离入侵的有效方式,因而种子的质量和萌发情况,在紫茎泽兰入侵过程中扮演重要角色. 研究表明,入侵长江流域的紫茎泽兰,经过多年的适应后迄今仍难以形成有效繁殖的种子,尤其春季降水对紫茎泽兰种子的正常生长具有极严重的影响[10];长江流域大部分能够繁殖的种子可能来自于上游攀枝花一带,随着洪水沿江而下[4]. 因此,紫茎泽兰种子是否能够借助水流自上而下进入长江流域,对长江流域的紫茎泽兰入侵有很大影响.

向家坝水电站是金沙江梯级开发中最下游一座水电站,已于2012年10月蓄水发电. 蓄水后在坝前形成大面积的漂浮垃圾带,并采用打捞的方式对漂浮垃圾进行处置. 由于紫茎泽兰种子和植株的特点,进入水体后主要漂浮在上层和水面,容易随其他垃圾一起被打捞,从而难以进入下游,影响下游紫茎泽兰繁殖体的补充.

本研究选择处于长江上游的四川省宜宾市,对库区垃圾带和下游水体中紫茎泽兰繁殖体的数量、坝下紫茎泽兰的生长繁殖情况进行调查,分析向家坝水电站蓄水对紫茎泽兰繁殖的影响. 由于宜宾地区的自然环境与长江中下游流域其它地区的气候有较大的相似性,宜宾地区的分析结果,可以为预测紫茎泽兰在长江流域的入侵趋势提供参考.

1 材料与方法

1.1 自然环境

四川省宜宾市属中亚热带季风气候,浅丘、河谷兼有南亚热带气候属性,气候特征在长江流域具有一定的代表性. 全市年均气温15.0~18.3 ℃,冬无

收稿日期: 2014-04-09
* 四川省教育厅科学研究基金(12ZB165),宜宾市重点科技计划项目(2011SF014),宜宾学院科研基金(2012S20)
** 通讯作者

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

严寒,夏无酷暑,气候终年温暖而四季分明; 春早冬迟,具有温热季节长、日照少等特点. 无霜期 335 ~ 355 d; 年降雨量 850 ~ 1 500 mm,但时空分布不均,降水多集中在夏季; 年日照 950 ~ 1 180 h,湿度大、阴天多. 夏季处于西南季风控制区,但全年风力微弱,多年平均值为 0. 8 m/s,仅四、五月份风速较大. 此外,因受地势、地貌特别是垂直高差的影响,还具有立体气候和区域小气候明显的特征. 金沙江、岷江分别从西、西北方向由四川省凉山彝族自治州、乐山市流入境内,在宜宾市翠屏区汇合后始称长江,并大致沿由西向东的方向流出市境.

1. 2　调查方法

调查范围包括坝上垃圾漂浮带,以及坝下沿江两侧水面至两侧 150 ~ 200 m 范围(图 1) ,根据以往调查,该范围为紫茎泽兰分布区或潜在分布区[11]. 在垃圾漂浮带(距大坝约 30m 处) ,按照距离岸边各 10 m、30 m、50 m 设置 6 个取样点,分别命名为左 10、左 30、左 50、右 50、右 30、右 10; 先以样绳划出 5 × 5 m样方,然后对样方内紫茎泽兰植株进行打捞; 在每个样方内利用油漆桶改装的容器(横截面面积 452 cm^2) 取水面至 20 cm 深水样(事前将所有可视垃圾打捞以便取样) ,每次沿样方对角线取 5 个重复,坝上垃圾漂浮带共采集水样 150 个. 2013 年 4 月 30 日向家坝上游盐源县曾出现该年第一次较大降水,日降水量达 28. 8 mm,对紫茎泽兰进入江水的影响可能较大,因此将取样时间设置为 2013 年 5 月 2 日、4 日、6 日、8 日、14 日. 在坝下距离大坝约 1 700 m 处大桥上利用望远镜人工观测江面上紫茎泽兰植株,每次 30 min,采集水样前后当天观测 2 次,并按上述方式采集水样,共采集水样 150 个. 对采集到的水样用滤纸过滤掉清水,然后在低倍显微镜下清查紫茎泽兰种子数量. 最后将种子播种在花盆中,播种深度约 3 mm,土壤为上年度采集的腐殖质土; 每个样方的种子播种一盆,保持湿润,连续 1 个月每天观测紫茎泽兰幼苗数量和生长状况; 利用昆明采集的紫茎泽兰种子单独播种 5 盆作为对照.

坝下陆地调查范围由向家坝水电站施工区向下游沿金沙江两岸延伸至金沙江与岷江汇合处下游,调查陆地面积约 2 037 hm^2,长度约 3. 4 × 10^4 m. 2013 年 8 月采用人工实地调查的方式进行,调查内容包括紫茎泽兰数量、位置(采用 1∶10 000 地形图标定,同时在地形图上标出调查范围边界) 、年龄(根据倒伏次数判断) . 在 ArcGIS 环境下,将调查结果以图形的形式进行显示,并自上游间隔 1 000 m 将调查区域划为 34 个小样带,按照左岸和右岸,分别编号 a1, a2, …… a34; b1, b2, …… b34,并在 ArcGIS 环境下计算每个小样带的面积,之后计算单位面积的紫茎泽兰密度.

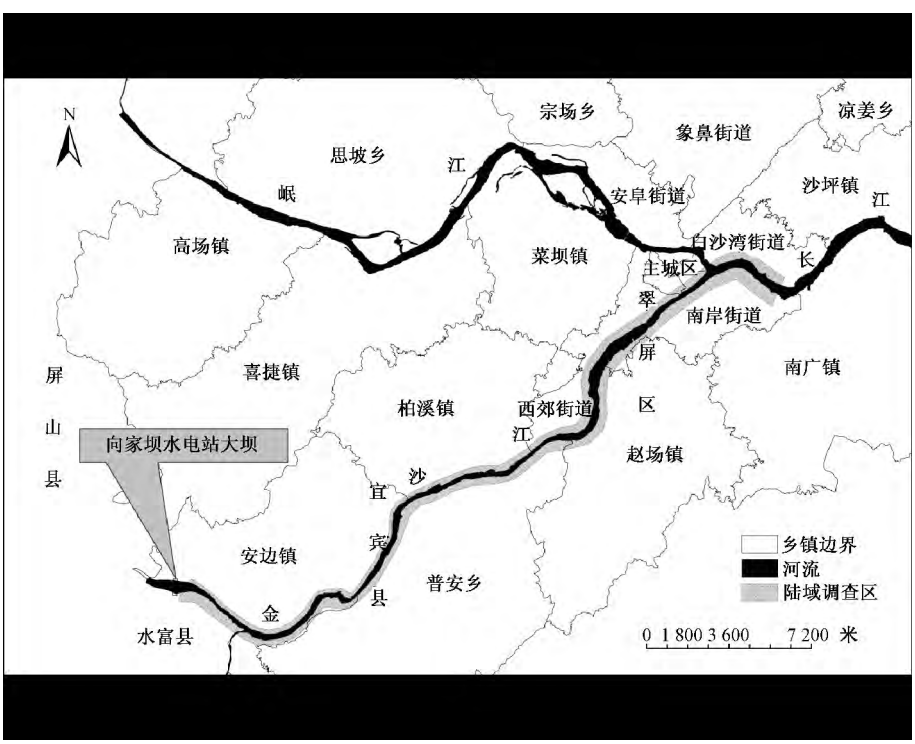


图 1　调查区域环境示意图

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2 结果与分析

2.1 紫茎泽兰植株收集统计

5 月 2 日在打捞地未发现紫茎泽兰植株,5 月 4 日共发现紫茎泽兰植株 17 株(其中有根的为 3 株),5 月 6 日发现 22 株(有根的为 5 株),5 月 8 日、5 月 14 日未发现紫茎泽兰植株. 在所有 39 株紫茎泽兰中,有 37 株呈现干枯状;2 株为新鲜植株,根据形态可判断这两株为当年生植株,具有较为完整的根系,将其移栽至花盆,茎上残余叶片逐渐干枯脱落,约 2 周后有新叶萌发,因此判断这 2 株具有活性.

坝下未观测到江面上有紫茎泽兰植株,也未见可视垃圾.

表 1 垃圾漂浮带紫茎泽兰植株统计表(单位:株)

日 期	数量					
	左 10	左 30	左 50	右 50	右 30	右 10
5 月 2 日	0	0	0	0	0	0
5 月 4 日	3	1	4	3	1	5
5 月 6 日	0	8	5	3	1	5
5 月 8 日	0	0	0	0	0	0
5 月 14 日	0	0	0	0	0	0
总计	3	9	9	6	2	10

2.2 紫茎泽兰种子数量及萌发率统计

共检出紫茎泽兰种子 139 粒,平均密度为 20.5 粒/m^2;其中 82 粒(占总数的 59%)呈现较明显的腐烂状态. 其余种子干燥后冠毛都不能正常伸展,粘结在晾晒处,使用电风扇(广东美的环境电气制造有限公司,FS40-5G)吹风和风速测量工具(广州市恒高精艺科技发展有限公司,AR-816 型风速计)进行的吹风试验表明,当风速达 8.0 m/s 时,仍难以使种子移动,说明在自然状态下难以随风力向外扩散. 将种子播种在花盆中 1 个月后均未发现萌发植株,而作为对照的 5 个萌发盆中,平均萌发率达到 76.2%. 坝下所采 150 个水样中,未发现紫茎泽兰种子.

表 2 垃圾漂浮带紫茎泽兰种子统计表(单位:粒)

日 期	数量					
	左 10	左 30	左 50	右 50	右 30	右 10
5 月 2 日	3	0	7	2	5	12
5 月 4 日	2	6	3	9	6	1
5 月 6 日	3	14	1	3	9	2
5 月 8 日	0	3	6	2	7	4
5 月 14 日	6	4	2	5	9	3
总计	14	27	19	21	36	22

2.3 坝下陆地紫茎泽兰调查结果

由于紫茎泽兰为多年生植物,在调查中难以对丛生的紫茎泽兰植株数量进行判断,而本调查目的是清查 2012 年蓄水后新生紫茎泽兰数量,1 年的生长期限不可能产生丛生效果,因此对丛生的紫茎泽兰群落植株数量以面积代替. 共调查到紫茎泽兰群落数量 3 714 个,平均 1.8 个/hm^2,各群落内紫茎泽兰多为丛生,凡单株生长的,则单独统计其年龄,群落年龄以丛生或单株植株的最小年龄,作为群落年龄;另有单株 5 503 株,平均 2.7 株/hm^2. 各调查样方中紫茎泽兰群落(单株)数量分布极不均匀,其中数量最多的密度为 11.3 个(株)/hm^2,数量最少的则为 0,中位数为 3 个(株)/hm^2. 按照年龄,紫茎泽兰群落或植株生长时间在 5 年以上(即 2010 年前定植)的为 7 183 个(株),占总数的 77.9%;4 年以上的 8 410 个(株),占总数的 91.2%;3 年以上的为 9 217 个(株),占总数的 100%;未发现 2012 年或 2013 年新生紫茎泽兰植株,2007 ~ 2011 年,均发现有该年新生的紫茎泽兰植株,2007 年前的植株数量,则由于紫茎泽兰群落过于复杂而难以有效判断.

3 讨 论

自成功入侵我国西南地区多个省份以来,紫茎泽兰的遗传基因可能对不同省份多样的生境产生了明显的适应性变化[12-14],然而,这种变异可能是紫茎泽兰对局部小环境的有限适应[15-16],其生长繁殖特性差异基本还不具有遗传性,各地紫茎泽兰种子产量、活力、无性繁殖速率等与具体的生长环境关系更密切[8,17,18],紫茎泽兰在不同的温度、光照、水分等条件下,生长状况差异较大,尤其种子则对气候更敏感,生态幅更窄[13-14,19-22],部分区域植株可以生长但不能开花结果[16,19]. 根据在宜宾地区的长期观测,除在极端不良条件下(如光照严重不足、人为损伤过大),紫茎泽兰都能够正常开花,但种子受降水等因素的影响,自 2005 年开始观测以来,未发现能正常萌发的现象. 基于此,可初步判定宜宾地区能够正常萌发的紫茎泽兰种子来自于上游攀枝花、凉山等地.

本实验中,在向家坝坝上垃圾漂浮带,发现具有活性的紫茎泽兰植株 2 株,平均 0.003 株/m^2. 由于向家坝水电站正常运行过程中,非泄洪时垃圾漂浮带中的垃圾难以随水流进入坝下[23],这些紫茎泽兰植株将会随其他垃圾一起被打捞后填埋处置,调查中未发现坝下有紫茎泽兰植株,甚至目视可识别的垃圾也未发现,从一定程度上说明大坝对水面垃圾

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的拦阻效果非常有效. 由于紫茎泽兰植株集中发现于 5 月 4 日和 6 日,此前的 4 月 30 日上游曾发生过较强的降雨,因此判断这 2 日发现紫茎泽兰植株且数量较多、而其他 3 日未发现紫茎泽兰植株,与上游降雨有很大关系,可能是降雨产生的地表径流,使紫茎泽兰植株进入江水中.

垃圾漂浮带中共识别出紫茎泽兰种子 139 粒,平均 20.5 粒/m^2,但均丧失了萌发能力. 5 月份为金沙江流域紫茎泽兰种子成熟扩散期,在检测到的 139 粒种子中,虽然不能排除有部分种子为往年进入土壤然后随降雨形成的径流进入金沙江中,但大部分应为当年成熟种子,按照以往调查实验结果,上游紫茎泽兰种子到达宜宾后,仍有部分可以正常萌发. 本次调查发现的紫茎泽兰种子无法萌发,可能与垃圾漂浮带杂物多、种子受杂物影响全部浸泡在水中时间过长有一定的关系; 此外,向家坝蓄水后库区水流速度减缓,种子在水中停留的时间更长,也可能影响种子的活性.

在坝下陆地区域调查时发现 68 个小样带中,仅 a5、a31、a32、a33 没有紫茎泽兰分布,这 4 个样带分别位于宜宾县安边镇镇区、宜宾市主城区、岷江河道,这些区域人为干扰大,尤其工程建设对江岸的影响大,不利于植物生长. 除这几处特殊区域外,其他沿江廊道均发现紫茎泽兰存在,且各样带内均存在能够正常开花的植株,说明紫茎泽兰的有性繁殖应当能够顺利进行. 但是,调查中未发现有 2012 或 2013 年形成的植株,说明坝下河流廊道中存在的紫茎泽兰难以形成有效的种子,而这段时期可能缺少外界补充的种子,从而导致这段时间未形成新的植株.

金沙江含沙量较大,但在向家坝水库蓄水后,泥沙含量大幅度降低,大量泥沙沉积在库区,部分紫茎泽兰种子也可能随泥沙一起沉积在库区. 清水下泄对坝下江岸的冲刷作用明显,根据现场观测,往年淤积的泥沙最高被冲刷约 11 cm,使得紫茎泽兰种子即使能够顺利到达坝下,也很可能随着后续的清水冲刷而重新进入江水中. 此外,坝下金沙江廊道中紫茎泽兰多分布在最高洪水位以下数米至十几米的区域,向家坝蓄水后,由于调洪效应,致使当年最高洪水位与历年相比,有近 10 m 的下降(按坡面距离计算) ,在此洪水位和江面之间为泥沙和裸石,植物难以生长,也会影响紫茎泽兰的生存.

参 考 文 献

[1] 鲁萍,桑卫国,马克平. 外来入侵种紫茎泽兰研究进展与展望[J]. 植物生态学报,2005,29(6):1029 – 1037.

[2] 何萍,刘勇. 四川凉山天然草场遭受外来物种入侵的调查研究[J]. 草业科学,2003,20(4):31 – 33.

[3] 高贤明,赵玉杰,唐和春. 入侵植物紫茎泽兰物候学特征及防控对策[J]. 中国森林病虫,2010,29(1):26 – 29.

[4] 郭宗锋,邓卿艳,魏琴,等. 洪水对紫茎泽兰入侵繁殖的影响[J]. 水土保持研究,2007,14(3):371 – 373.

[5] Lu P, Sang W G, Ma K P. Effects of environmental factors on germination and emergence of Crofton weed (Eupatorium adenophorum) [J]. Weed Science, 2006,54:452 – 457.

[6] 孟秀祥,冯金朝,周宜君,等. 四川西南紫茎泽兰(Eupatorium adenophorum) 入侵生境因子分析[J]. 中央民族大学学报(自然科学版) ,2003,12(4):293 – 300.

[7] 刘伦辉. 紫茎泽兰个体生物及生态学特性研究[J]. 生态学报,1989,9(1):66 – 70.

[8] 肖正清,周冠华,权文婷. 恶性外来入侵植物紫茎泽兰在云南的分布格局. 自然灾害学报, 2009, 18(5): 82 – 87.

[9] 沈有信,刘文耀. 长久性紫茎泽兰土壤种子库[J]. 植物生态学报,2004,28(6):768 – 772.

[10] 何云玲,张林艳,郭宗锋. 降雨对长江廊道紫茎泽兰繁殖的影响[J]. 江苏农业科学,2011,39(5):145 – 148.

[11] 郭宗锋,邓卿艳,魏琴,等. 洪水对紫茎泽兰入侵繁殖的影响[J]. 水土保持研究,2007,14(3):371 – 373.

[12] 贺俊英,强胜,宋小玲,等. 外来植物紫茎泽兰 18 个种群的茎叶形态结构比较研究[J]. 西北植物学报,2005,25(6):1089 – 1095.

[13] 周蒙,刘文耀,马文章,等. 不同地理种源紫茎泽兰的生态适应性比较[J]. 应用生态学报, 2009, 20(7): 1643 – 1649.

[14] 赵相健,刘文耀,周蒙,等. 不同地理种群紫茎泽兰生长繁殖特征的比较研究[J]. 西北植物学报, 2009, 29(6): 1252 – 1258.

[15] 苏秀红,宋小玲,强胜,等. 不同地理种群紫茎泽兰种子萌发对干旱胁迫的响应[J]. 应用与环境生物学报,2005,11(3):308 – 311.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[16] 苏秀红,强胜,宋小玲. 不同地理种群紫茎泽兰耐热性差异的比较分析[J]. 西北植物学报,2005,25(9):1766 – 1771.
[17] 张常隆,李扬苹,冯玉龙,等. 表型可塑性和局域适应在紫茎泽兰入侵不同海拔生境中的作用[J]. 生态学报,2009,29(4):1940 – 1946.
[18] 王硕,高贤明,王瑾芳,等. 紫茎泽兰土壤种子库特征及其对幼苗的影响[J]. 植物生态学报,2009,33(2):380 – 386.
[19] 欧国腾,付上通,徐德全,等. 低温雨雪天气对紫茎泽兰的影响[J]. 杂草科学,2009,4:50 – 51.
[20] 黄梅芬,徐驰,曹后英,等. 不同生境条件对紫茎泽兰营养生长的影响[J]. 热带作物学报,2009,10:1429 – 1436.
[21] 桂富荣,郭建英,万方浩. 我国不同地理梯度下紫茎泽兰种群遗传多样性的变化[J]. 华北农学报,2006,5:72 – 78.
[22] 倪文. 环境因子对杂草紫茎泽兰种子发芽的影响[J]. 生态学报,1983,3(4):327 – 331.

Effects of Xiangjiaba Hydropower Reservoir Impounding on *Eupatiorium adenophorum* Invading in the Yantz River Corridor

Wu Zili[1,2] He Ling[1] Li Yong[3] Guo Zongfeng[1,2]

(1. Key Lab of Fermentation Resource and Application of Institutes of Higher Learning in Sichuan, Yibin 644000;
2. College of Life Science and Food Engineering, Yibin University, Yibin 644000;
3. Yibin Vocational and Technical College, Yibin 644000)

Abstract

Invading speed of *Eupatiorium adenophorum* sprengel in the Yangtz River corridor is faster because the corridor effects. While the connectivity of the Yangtz River corridor might be limited by the Xiangjiaba hydropower reservoir impounding, which have potential impacts on the invading of *E. adenophorum* along the Yangtz River corridor. To illustrate the changes of invading of *E. adenophorum* before and after Xiangjiaba hydropower reservoir impounding, garbage zone up the dam of Xiangjiaba and land corridor of the Yangtz River down the dam to Yibin City have been investigated. Plants and seeds were found in the garbage zone after rainfall in the upstream watershed, and plant has not found downstream the Yangtz River water, but lots of plants of *E. adenophorum* in the river terraces. All the plants had germinated before 2012, means there has no propagules of *E. adenophorum* down the Yangtz River since reservoir impounded in 2012, because sexual reproduction of *E. adenophorum* in the Yibin could not succed. The results indicate that the Xiangjiaba hydropower reservoir impounding delayed the invasion of *E. adenophorum* in the Yangtz River corridor.

Key words: biological invasion, river corridor, *Eupatiorium adenophorum*, the Yantz River watershed.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net