

李小艳,杨红,亓东明. 紫茎泽兰入侵区云南松纯林火烧迹地植被天然更新研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(1):59-64.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.01.016

紫茎泽兰入侵区云南松纯林火烧迹地 植被天然更新研究

李小艳,杨红,亓东明

(西昌学院动物科学学院,四川西昌 615013)

摘要:采用典型样地取样法对四川省凉山彝族自治州泸山紫茎泽兰严重入侵区云南松纯林火烧迹地植被的天然更新进行调查;根据火烧程度,设置3个样地。结果表明,1年内3个样地共发现被子植物56种,隶属25科54属,此外还发现蕨类3种及苔藓、地衣的分布,火烧严重的2个样地有云南松幼苗更新;林下植被 Shannon - Wiener 指数(H)、Simpson 多样性指数(D)、均匀度指数(J)总体偏低;1年后,紫茎泽兰在火烧迹地又成功入驻成为优势种群,植株单株可高达1.4 m,调查样地有的平均株高1.2 m,盖度75%,但3个样地均表现一致,紫茎泽兰在火烧后到当年9月其优势并不特别明显。针对研究结果,对紫茎泽兰入侵机制提出见解及对火烧迹地植被恢复提出相应的建议。

关键词:紫茎泽兰;云南松;火烧迹地;植被恢复;典型样地取样法

中图分类号: S765.1;S754 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)01-0059-06

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)属菊科泽兰属,是一种世界性恶性杂草,为多年丛生型半灌木草本植物。在中国国家环保总局和中国科学院发布的《中国第一批外来入侵物种名单》中名列第1位,原产于南美洲墨西哥至哥斯达黎加等国^[1-2]。该杂草约于20世纪40年代由缅甸传入我国云南边境临沧地区南部,现已在西南地区的云南、贵州、四川、重庆、广西、西藏等地广泛分布,并仍以每年大约60 km的速度

随西南风向东和北方传播扩散,给当地的林、农、畜牧业生产造成了非常严重的经济损失,对当地生态系统造成了极大的影响,云南省、四川省为紫茎泽兰入侵重灾区^[3-7]。

森林是最长久也是最复杂的生态系统,具有非常重要的价值,它不仅给人类提供林木、畜产品等,还有保持水土、净化空气等作用。而森林在发展过程中最大的自然敌人就是森林火灾,它不仅会破坏森林生态系统的稳定性与森林发展演替的方向,还会对人类造成重大的经济损失^[8]。目前国内外对火烧迹地的植被恢复有相关报道,但针对紫茎泽兰入侵区火烧迹地植物恢复的研究仍较少^[9-13]。紫茎泽兰从定居到成功入侵速度快,而针对其入侵区火烧迹地林下植被的季节更新研究基本处于空白状态。云南松(*Pinus yunnanensis*)是云贵高原的主要针叶树种,也是地带性植被的主要建群种,云南

收稿日期:2016-08-03

基金项目:四川省凉山州优良水土保持物种筛选及物种数据库建立(编号:凉财建[2011]92号)。

作者简介:李小艳(1982—),女,四川宜宾人,硕士,讲师,主要从事生物多样性保护研究。Tel:(0834)2580034;E-mail:xiaoyanli_315@163.com。

[3]张文标. 活性污泥生物去除六价铬的初步研究[D]. 上海:同济大学,2008.

[4]刘衡. 土壤镉污染对小麦植物络合素合成的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016.

[5]王森,赵铭钦,腊贵晓. 烟草中重金属镉污染及调控措施研究进展[J]. 中国农业科技导报,2011,13(2):93-98.

[6]张成尧. 主要植烟土壤中烟草镉生物有效性及影响因素研究[D]. 北京:中国农业科学院,2013.

[7]卜晓莉,薛建辉. 生物炭对土壤生境及植物生长影响的研究进展[J]. 生态环境学报,2014,23(3):535-540.

[8]袁金华,徐仁扣. 生物质炭的性质及其对土壤环境功能影响的研究进展[J]. 生态环境学报,2011,20(4):779-785.

[9]王苏斌,郑海淘,邵谦谦. SPSS 统计分析[M]. 北京:机械工业出版社,2003.

[10]吴玉萍,杨虹琦,徐照丽,等. 重金属镉在烤烟中的累积分配[J]. 中国烟草科学,2008,29(5):37-39.

[11]陈敏,杜相革. 生物炭对土壤特性及烟草产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2015(1):80-83.

[12]王丽渊. 生物炭对植烟土壤主要性状及烤烟生长的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2014.

[13]贺远. 烟草重金属镉的吸收积累规律及其影响机制研究[D]. 北京:中国农业科学院,2014.

[14]张哈芝,黄云,刘钢,等. 生物炭对玉米苗期生长、养分吸收及土壤化学性状的影响[J]. 生态环境学报,2010,19(11):2713-2717.

[15]张祥,王典,姜存仓,等. 生物炭对我国南方红壤和黄棕壤理化性质的影响[J]. 中国生态农业学报,2013,21(8):979-984.

[16]刘秀珍,马志宏,赵兴杰. 不同有机肥对镉污染土壤镉形态及小麦抗性的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(3):243-247,252.

[17]王菁姣. 生物炭对重金属的吸附作用及腐殖酸的影响[D]. 北京:中国地质大学,2015.

[18]姜超强,董建江,徐经年,等. 改良剂对土壤酸碱度和烤烟生长及烟叶中重金属含量的影响[J]. 土壤,2015,47(1):171-176.

[19]王艳红,李盟军,唐明灯,等. 稻壳基生物炭对生菜Cd吸收及土壤养分的影响[J]. 中国生态农业学报,2015,23(2):207-214.

松纯林在云南省、四川省西南部、贵州省西部等区域广泛分布,但由于气候及自身特点等原因云南松林区发生火灾频率较高^[14-15]。因此了解紫茎泽兰入侵区云南松纯林火烧迹地林下植被天然更新模式,对研究紫茎泽兰入侵机制与防控有重要意义,同时对森林管理、人工植被恢复具有重要的指导意义。

1 研究地概况

调查区域位于四川省凉山州西昌市,该区由于受印度洋西南暖流的影响,属亚热带高原季风气候。西昌市冬暖夏凉、冬干夏湿、光热资源较充足;夏半年降雨较多、气候相对凉爽;冬半年日照充足、降雨较少、干燥温暖;降雨集中在 5—9 月,且全年受大风影响。从 1958 年开始,国家投资 1 409 万元在西昌市的東西河流域实施了飞机播种造林 4.43 万 hm²,州内飞机播种林是目前世界上飞机播种造林最连片、最成功的林区之一,林区植被以云南松林、杉木林、桉树林、栎树林为主,主要是云南松林^[16]。西昌市云南松森林面积约 13 万 hm²,80% 为云南松纯林。云南松属针叶树种,树干和松针叶富含松脂,该区云南松树龄大多在 50~55 年间,属过熟林,林下被紫茎泽兰入侵,林种单一,地表植被单一。在冬春季节,极易遭受火灾危害,常常形成规模林火灾害,危及生态安全。西昌市自 2008 年到 2013 年,几乎每年都会发生森林火灾,年均林火迹地面积在 200~500 hm²^[17]。

2 研究方法

2.1 样地设置及观测指标

2014 年 3 月 18 日,泸山发生火灾,由马道起火扩展,火势凶猛,森林烧毁严重,对泸山景区构成潜在威胁。火烧发生区林相绝大部分为云南松林,少数为桉树林,林下多为紫茎泽兰、茅草、车桑子、铁仔等。绝大部分过火区乔木层、灌木层与草本层基本被完全烧毁。

2014 年 4 月和 5 月调查人员对“3·18”火灾发生区进行实地踏查后,采用典型样地取样法,根据火烧程度与坡向,选择样地 A(海拔 1 610~1 640 m)、样地 B(海拔 1 710~1 750 m)、样地 C(海拔 1 810~1 860 m)3 个样地,均为阴坡云南松纯林。每个样地设 3 个 20 m×10 m 的大样方,并在每个大样方对角线设置 3 个 1 m×1 m 的小样方。分别于 2014 年 5 月、9 月,2015 年 1 月、4 月对样地进行调查。因火烧后植被绝大部分被烧毁,云南松大多被烧死,雨季枯叶凋落,因此乔木层于 2014 年 9 月观测其株高、冠幅、胸径、郁闭度,后续调查其更新状况;林下植被于 4 个季节观测物种种类、密度(多度)、株高、盖度、更新情况等。

2.2 参数计算

本研究采用群落多样性的测度指标[丰富度指数(*S*)、Pielou 均匀度指数(*J*)、物种 Simpson 多样性指数(*D*)]来衡

量林下植被更新状况^[18]。

灌木和草本植物重要值:

$Ivsh = 1/200(\text{相对高度} + \text{相对盖度})$ 。

香农-威纳(Shannon-Wiener)指数(*H*):

$$H = -\sum P_i \ln P_i$$

辛普森(Simpson)多样性指数(*D*):

$$D = 1 - \sum P_i^2$$

Pielou 均匀度指数(*J*):

$$J = (-\sum P_i \ln P_i) / \ln S$$

式中:相对高度 = 每个种平均高度/所有种平均高度之和 × 100;相对盖度 = 每个种的盖度/所有种的盖度之和 × 100;*P_i* 为种 *i* 的重要值;*S* 为种 *i* 所在样方的物种总数,即丰富度指数。

鉴于火烧后 1 年林下灌木更新较慢,因此将灌木与草本统一计算为其群落多样性指标。另外,鉴于草本植物个体数量计数困难及与灌木一起计算时个体数量标准不一,因此本研究采用重要值作为多样性指数的计算依据。

2.3 数据分析

样方调查数据采用 Excel 2003 进行数据整理,SPSS 11.5 软件进行描述性分析及 One-way ANOVA 检验。

3 结果与分析

3.1 调查样地乔木层基本情况

根据云南松树干与枝叶烧毁程度来看,样地 A 属于轻度火烧,离居民区较近,靠近沟谷,云南松最高,林下植被未被完全烧死,能见少量灌木和多年生草本的茎,如紫茎泽兰,植株残留体有的高达 30 cm。样地 B 火烧程度较为严重,云南松完全烧死,林下植被灌木与多年生草本根茎处可见少许绿色。样地 C 火烧程度极为严重,云南松完全烧死,林下植被未见植株残体,海拔最高,为本片山脉主峰的阴坡面,坡面较样地 A 与样地 B 陡峭。

由表 1 可知,3 个样地中,样地 A 云南松株高、胸径、冠幅均最高,与样地 C 无显著性差异,与样地 B 差异显著。但 3 个样地间云南松密度、郁闭度无显著性差异,表明样地类型对林下植被更新影响较小。1 年后,样地 A 云南松老树上部有 1/4~1/3 枝条更新,但未见有幼苗更新,可能是由于云南松属于阳性植物,林下植被在火烧当年郁闭度较高,影响幼苗更新。样地 B 与样地 C 云南松老树无更新,但林下有少量幼苗更新,特别在一些平缓地带、湿润区域幼苗数量明显增多,2015 年 4 月云南松幼苗株高 10~15 cm。云南松自然更新与光照有关,郁闭度与自然更新成反比。

3.2 不同火烧程度云南松林下灌木及草本更新情况

通过对云南松火烧迹地 4 个季节的实地调查,林下乔草灌层植物种类见表 2。

表 1 调查样地乔木层云南松林基本情况

| 样地 | 密度 (株/200 m ²) | 株高 (m) | 胸径 (cm) | 冠幅 (m ²) | 郁闭度 | 1 年后老树更新 | 1 年后幼苗更新 |
|------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|------------|----------|
| 样地 A | 17.5 ± 0.5a | 14.4 ± 0.7a | 50.5 ± 3.2a | 11.4 ± 1.2a | 0.35 ± 0.10a | 顶端 1/4~1/3 | 无 |
| 样地 B | 29.0 ± 7.0a | 8.6 ± 0.5b | 34.8 ± 2.3b | 7.7 ± 1.0b | 0.21 ± 0.04a | 无 | 有 |
| 样地 C | 18.5 ± 1.5a | 12.4 ± 0.8a | 44.1 ± 2.6a | 7.8 ± 0.9ab | 0.14 ± 0.03a | 无 | 有 |

注:数据为平均值 ± 标准误,同列数据后不同小写字母表示差异显著(*P* < 0.05)。表 3 同。

表2 云南松火烧迹地林下乔灌木本植物种类

| 科名 | 物种 | 样地 A | 样地 B | 样地 C | |
|----------------------------------|---|--------------------------------------|------|------|--|
| 松科 Pinaceae | 云南松 (<i>Pinus yunnanensis</i>) | | ☆ | ☆ | |
| 桑科 Moraceae | 构树 (<i>Broussonetia papyrifera</i>) | ☆ | | | |
| | 地果 (<i>Ficus tikoua</i>) | | ☆ | | |
| 蓼科 Polygonaceae | 尼泊尔蓼 (<i>Polygonum nepalense</i>) | ☆ | | | |
| 苋科 Amaranthaceae | 牛膝 (<i>Achyranthes bidentata</i>) | ☆ | | | |
| 毛茛科 Ranunculaceae | 铁线莲 (<i>Clematis florida</i>) | | ☆ | | |
| 蔷薇科 Rosaceae | 龙芽草 (<i>Agrimonia pilosa</i>) | | | ☆ | |
| | 山莓 (<i>Rubus corchorifolius</i>) | ☆ | | ☆ | |
| | 栽秧泡 (<i>Rubus ellipticus</i>) | | | ☆ | |
| 豆科 Leguminosae | 鞍叶羊蹄甲 (<i>Bauhinia brachycarpa</i>) | ☆ | | | |
| | 杭子梢 (<i>Campylotropis macrocarpa</i>) | ☆ | | ☆ | |
| | 矮生胡枝子 (<i>Lespedeza forrestii</i>) | | ☆ | ☆ | |
| 酢浆草科 Oxalidaceae | 山酢浆草 (<i>Oxalis acetosella</i>) | ☆ | | ☆ | |
| 大戟科 Euphorbiaceae | 蒿状大戟 (<i>Euphorbia dracunculoides</i>) | | ☆ | | |
| 无患子科 Sapindaceae | 车桑子 (<i>Dodonaea viscosa</i>) | ☆ | ☆ | | |
| 锦葵科 Malvaceae | 云南黄花棣 (<i>Sida yunnanensis</i>) | ☆ | ☆ | ☆ | |
| | 地桃花 (<i>Urena lobata</i>) | ☆ | | | |
| 堇菜科 Violaceae | 紫花地丁 (<i>Viola philippica</i>) | | ☆ | | |
| 秋海棠科 Begoniaceae | 秋海棠 (<i>Begonia grandis</i>) | | | ☆ | |
| 报春花科 Primulaceae | 过路黄 (<i>Lysimachia christinae</i>) | | ☆ | ☆ | |
| 紫金牛科 Myrsinaceae | 铁仔 (<i>Myrsine africana</i>) | ☆ | ☆ | ☆ | |
| 茜草科 Rubiaceae | 小红参 (<i>Galium elegans</i>) | ☆ | | ☆ | |
| 紫草科 Boraginaceae | 倒提壶 (<i>Cynoglossum amabile</i>) | | ☆ | ☆ | |
| 唇形科 Labiatae | 香薷 (<i>Elsholtzia ciliata</i>) | ☆ | ☆ | ☆ | |
| | 糙苏 (<i>Phlomis umbrosa</i>) | ☆ | | | |
| 旋花科 Convolvulaceae | 山土瓜 (<i>Merremia hungaiensis</i>) | | | ☆ | |
| | 打碗花 (<i>Calystegia hederacea</i>) | | ☆ | | |
| 茄科 Solanaceae | 龙葵 (<i>Solanum nigrum</i>) | ☆ | ☆ | | |
| 菊科 Compositae | 藿香蓟 (<i>Ageratum conyzoides</i>) | ☆ | | | |
| | 大籽蒿 (<i>Artemisia sieversiana</i>) | | ☆ | ☆ | |
| | 马兰 (<i>Aster indicus</i>) | ☆ | | | |
| | 鬼针草 (<i>Bidens pilosa</i>) | ☆ | | | |
| | 飞机草 (<i>Chromolaena odorat</i>) | | ☆ | ☆ | |
| | 野茼蒿 (<i>Crassocephalum crepidioides</i>) | | ☆ | ☆ | |
| | 鱼眼草 (<i>Dichrocephala auriculata</i>) | ☆ | ☆ | | |
| | 小蓬草 (<i>Erigeron canadensis</i>) | | ☆ | ☆ | |
| | 白酒草 (<i>Eschenbachia japonica</i>) | | ☆ | ☆ | |
| | 紫茎泽兰 (<i>Eupatorium adenophorum</i>) | ☆ | ☆ | ☆ | |
| | 牛膝菊 (<i>Galinsoga parviflora</i>) | | ☆ | ☆ | |
| | 匙叶冠鼠麴草 (<i>Gamochaeta pensylvanica</i>) | | ☆ | ☆ | |
| | 臭灵丹 (<i>Laggera pterodonta</i>) | | ☆ | ☆ | |
| | 火绒草 (<i>Leontopodium leontopodioides</i>) | | ☆ | ☆ | |
| | 黄鹤菜 (<i>Youngia japonica</i>) | ☆ | ☆ | | |
| | 百合科 Liliaceae | 山麦冬 (<i>Liriope spicata</i>) | ☆ | | |
| 芎草 (<i>Arthraxon hispidus</i>) | | ☆ | | | |
| 禾本科 Gramineae | 西南芎草 (<i>Arthraxon xinanensis</i>) | | ☆ | | |
| | 白羊草 (<i>Bothriochloa ischaemum</i>) | ☆ | | | |
| | 硬秆子草 (<i>Capillipedium assimile</i>) | ☆ | ☆ | | |
| | 鸭茅 (<i>Dactylis glomerata</i>) | ☆ | | ☆ | |
| | 求米草 (<i>Oplismenus</i>) | ☆ | | | |
| | 铺地黍 (<i>Panicum repens</i>) | ☆ | | ☆ | |
| | 金发草 (<i>Pogonatherum paniceum</i>) | ☆ | | | |
| | 钩毛草 (<i>Pseudechinolaena polystachya</i>) | | ☆ | | |
| | 天南星科 Araceae | 一把伞南星 (<i>Arisaema erubescens</i>) | ☆ | ☆ | |

续表 2

| 科名 | 物种 | 样地 A | 样地 B | 样地 C |
|----------------------|---|------|------|------|
| 莎草科 Cyperaceae | 荆三棱 (<i>Bolboschoenus yagara</i>) | | ☆ | |
| | 砖子苗 (<i>Cyperus cyperoides</i>) | ☆ | ☆ | ☆ |
| | 玉山针蔺 (<i>Trichophorum subcapitatum</i>) | | ☆ | ☆ |
| 地衣门 Lichenes | 地衣 (<i>Lichenes</i>) | | ☆ | ☆ |
| 苔藓植物门 Bryophyta | 苔藓 (<i>Bryophyte</i>) | ☆ | ☆ | ☆ |
| 肾蕨科 Nephrolepidaceae | 肾蕨 (<i>Nephrolepis cordifolia</i>) | | | ☆ |
| 凤尾蕨科 Pteridaceae | 凤尾蕨 (<i>Pteris cretica</i>) | ☆ | | ☆ |
| 蹄盖蕨科 Athyriaceae | 羽节蕨 (<i>Gymnocarpium jessoense</i>) | ☆ | ☆ | ☆ |

注：“☆”表示该物种在样地中有生长。

调查结果表明,3个样地共发现被子植物 56 种,隶属 25 科 54 属,此外还发现蕨类 3 种以及苔藓、地衣分布,样地 B 与样地 C 有云南松幼苗更新。样地 A 共发现被子植物 31 种,隶属 17 科 31 属,其中菊科、禾本科种类最多,均有 7 种,另还有 2 种蕨类及苔藓分布。样地 B 共发现被子植物 32 种,隶属 16 科 32 属,其中菊科种类最多,有 12 种,另还有 1 种蕨类及苔藓、地衣分布。样地 C 共发现被子植物 28 种,隶属 14 科 27 属,其中菊科种类最多,有 10 种,另还有 3 种蕨类及苔藓、

地衣分布。3 个样地物种种类数量差异不大,物种组成有所差异,但优势科均为菊科植物,样地 A 禾本科种类也较多。

3.3 不同火烧程度云南松林下紫茎泽兰季节更新变化

紫茎泽兰为多年生半灌木状草本,属浅根系,既可种子繁殖,也可无性繁殖。从表 3 可知,紫茎泽兰在入侵区更新极快,火烧后当年即可更新,且次年能孕蕾开花结实,株高最高可达 1.2 m。

表 3 不同火烧程度云南松林下紫茎泽兰季节更新变化

| 样地号 | 2014 年 5 月 | | | 2014 年 9 月 | | |
|------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|---------------|
| | 盖度 (%) | 株高 (cm) | 重要值 | 盖度 (%) | 株高 (cm) | 重要值 |
| 样地 A | 0.11 ± 0.10a | 27.50 ± 2.50a | 0.30 ± 0.14a | 12.00 ± 9.00a | 28.33 ± 1.45a | 0.20 ± 0.09ab |
| 样地 B | 0.00b | 0.00b | 0.00b | 34.17 ± 15.34a | 32.33 ± 3.14a | 0.31 ± 0.06a |
| 样地 C | 0.00b | 0.00b | 0.00b | 8.43 ± 2.17a | 23.71 ± 3.44a | 0.14 ± 0.02b |
| 样地号 | 2015 年 1 月 | | | 2015 年 4 月 | | |
| | 盖度 (%) | 株高 (cm) | 重要值 | 盖度 (%) | 株高 (cm) | 重要值 |
| 样地 A | 70.00 ± 2.89a | 69.00 ± 2.08a | 0.51 ± 0.02a | 72.00 ± 3.51a | 82.00 ± 5.03b | 0.51 ± 0.01a |
| 样地 B | 71.67 ± 10.22a | 76.83 ± 5.29a | 0.54 ± 0.06a | 75.00 ± 10.41a | 118.33 ± 8.12a | 0.44 ± 0.01b |
| 样地 C | 23.40 ± 11.83b | 34.80 ± 3.09b | 0.16 ± 0.03b | 36.25 ± 5.54b | 84.25 ± 4.52b | 0.58 ± 0.04a |

2014 年 5 月初调查发现,火烧严重的样地 B 和样地 C 紫茎泽兰无残存茎秆,轻度火烧的样地 A 紫茎泽兰盖度约 10%,表明火烧前此片区紫茎泽兰盖度也较高。

2014 年 9 月为西昌市雨季末期,即火烧迹地经过 1 个生长季节后,3 个样地林下植被均处于生长旺盛期,林下一片绿色,但样地 C 林下植被覆盖度最低,一些土著种生长较好,如车桑子、茅草、莎草等;火烧迹地乔木层阔叶树更新比针叶树好,如桉树从根茎处萌发的枝条高达 8 m,另栎树、槐树均见更新,株高大于 3 m;针叶树种云南松更新极慢,火烧严重区未见老树更新,仅有少量幼苗更新,柏树更新较慢,根茎基部萌发新枝,株高约 0.5 m。调查样地均见紫茎泽兰更新,株高、盖度样地 B 均最高,但样地间无显著性差异;紫茎泽兰重要值样地 C 最低,样地 B 最高,样地 B 与样地 A 无显著性差异,与样地 C 差异显著。这可能是由于样地 C 处于山峰,坡度较陡,紫茎泽兰种子传播受地理位置、地形、地势等因素的影响,此时期林下紫茎泽兰种子较少,但林下湿地较高,苔藓、钻子苗成为优势种,有的区域苔藓、钻子苗盖度高达 95%。调查还发现,样地 A 紫茎泽兰有实生苗更新,也有无性分枝更新,样地 B 与样地 C 均为实生苗更新,但样地 B 紫茎泽兰株高、盖度均比样地 A 高,可能是由于样地 A 火烧较轻,原生林下植被种类较多,且萌发较快,盖度较高,制约紫茎泽兰种

子的萌发,而样地 B 原生植被被基本全被烧毁,山坡上峰由于人为灭火,有些地方云南松林火烧很轻,林下紫茎泽兰可见绿色,样地 B 紫茎泽兰种子来源丰富,雨季种子快速萌发生长,占据生态位,成为林下优势种。

2015 年 1 月大多数植物处于枯萎期,如本地种茅草、钻子苗已枯黄,但菊科植物大多仍处于生长期。样地 A 与样地 B 紫茎泽兰株高、盖度、重要值均无显著性差异,但 A、B 2 个样地与样地 C 均差异显著。与 2014 年 9 月相比,3 个样地紫茎泽兰生长特征均有升高,其中样地 A 和样地 B 增长较快。2014 年 9 月样地 A 与样地 B 紫茎泽兰盖度在 12.00% ~ 34.17% 之间,株高 30 cm 左右,2015 年 1 月 2 个样地多数区域紫茎泽兰盖度高达 70% 以上,有的植株株高可达 1 m。样地 C 紫茎泽兰虽有生长,但速度较慢,可能受光照度、优势种的影响。

2015 年 4 月初,紫茎泽兰等大多数菊科植物处于花果期,禾本科、豆科等大多数物种处于生长初期,火烧迹地紫茎泽兰单株株高可达 1.4 m。紫茎泽兰株高样地 B 最高,样地 A 最低,样地 B 与样地 A、C 差异显著,样地 A 与样地 C 差异不显著;紫茎泽兰盖度样地 B 最高,样地 C 最低,样地 B 与样地 A 差异不显著,与样地 C 差异显著;紫茎泽兰重要值样地 C 最高,样地 B 最低,样地 C 与样地 A 差异不显著,与样地 B 差

异显著。样地 B 紫茎泽兰株高、盖度均最高,但重要值比样地 C 低,原因是样地 C 林下植被覆盖度整体比样地 B 低,其次样地 B 菊科、矮生胡枝子等其他植物较多。调查中还发现,紫茎泽兰物候在 3 个样地中表现有所差异,样地 A 海拔比样地 B、样地 C 低,调查时样地 A 紫茎泽兰处于开花盛期,而样地 B 与样地 C 处于花果期。3 个样地优势种均为紫茎泽兰。

3.4 不同火烧程度云南松林下植物多样性比较

云南松火烧迹地林下经紫茎泽兰占领后,林下植被多样性总体偏低,均匀度指数偏低,Shannon - Wiener 指数(H)最高达 1.76, Simpson 多样性指数(D)最高达 0.79, Pielou 均匀

度指数(J)最高达 0.88。从表 4 可知,2014 年 9 月,样地 A 物种种类最多,多样性指数最高,样地 B 均匀度指数最高。2015 年 1 月,样地 C 物种种类最多,多样性指数最高,样地 A 均匀度指数最高。2015 年 4 月,样地 A 物种种类最多,多样性指数最高。调查结果表明,云南松纯林火烧迹地林下植被更新不仅有季节变化,而且不同样地间也不相同。样地 A 火烧较轻,火烧后残留植物较多,一年 4 个季节林下植物种类、多样性变化较小;样地 B 与样地 C 火烧严重,林下植被受紫茎泽兰生长影响较大。样地 B 紫茎泽兰先萌发生长,当年雨季后植物种类最丰富;样地 C 紫茎泽兰生长晚,重要值低,雨季后林下植被覆盖度较低,次年 1 月物种种类最为丰富。

表 4 不同火烧程度云南松林下植物多样性比较

| 样地号 | 调查时间 | S (物种数) | H | D | J |
|------|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 样地 A | 2014 年 5 月 | 3.00 ± 1.00 | 1.10 ± 0.12 | 0.63 ± 0.04 | 0.88 ± 0.01 |
| | 2014 年 9 月 | 8.30 ± 1.20 | 1.76 ± 0.06 | 0.77 ± 0 | 0.84 ± 0.03 |
| | 2015 年 1 月 | 7.00 ± 1.50 | 1.45 ± 0.05 | 0.68 ± 0.01 | 0.78 ± 0.06 |
| | 2015 年 4 月 | 8.70 ± 1.40 | 1.58 ± 0.07 | 0.70 ± 0.01 | 0.75 ± 0.03 |
| 样地 B | 2014 年 5 月 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2014 年 9 月 | 7.00 ± 0.60 | 1.65 ± 0.07 | 0.76 ± 0.02 | 0.86 ± 0.03 |
| | 2015 年 1 月 | 7.00 ± 0.70 | 1.31 ± 0.10 | 0.63 ± 0.04 | 0.68 ± 0.03 |
| | 2015 年 4 月 | 6.00 ± 0.40 | 1.40 ± 0.11 | 0.65 ± 0.04 | 0.80 ± 0.04 |
| 样地 C | 2014 年 5 月 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2014 年 9 月 | 6.60 ± 0.90 | 1.38 ± 0.18 | 0.64 ± 0.06 | 0.75 ± 0.04 |
| | 2015 年 1 月 | 12.20 ± 2.10 | 1.65 ± 0.04 | 0.79 ± 0.02 | 0.69 ± 0.07 |
| | 2015 年 4 月 | 3.50 ± 0.30 | 1.03 ± 0.08 | 0.58 ± 0.04 | 0.80 ± 0.04 |

4 结论与讨论

通过本研究发现,紫茎泽兰成为世界性极难防除的入侵植物不难理解。研究结果表明,紫茎泽兰入侵区经森林火灾后,虽乔木层与林下植物全被烧死,但紫茎泽兰仅经 1 年时间又可成功入侵成为优势种。分析原因可能与紫茎泽兰自身特性及入侵地生态因子有关。紫茎泽兰具有强大的有性繁殖能力,其种子具有数量大、活力强、易传播等特点。据研究表明,正常生长的紫茎泽兰群体能产种子 28 万 ~ 60 万粒/m²,单株种子量达 6 643 粒,土壤种子库表层土中(0 ~ 2 cm)种子量达 4 700 粒/m²,且种子萌发率高达 70% 以上^[19-21]。本研究结果表明,2014 年 5 月云南松林火烧严重的样地 B 与样地 C 均未见紫茎泽兰与其他植物生长,但 9 月调查发现 3 个样地均见紫茎泽兰生长,且密度较高,样地 B 盖度平均达 34.17%,这与紫茎泽兰种子具有上述特点密切相关。紫茎泽兰不仅具有强大的有性繁殖能力还具有强大的无性繁殖能力。对样地 C 进行紫茎泽兰定株观测发现,2014 年 9 月未见紫茎泽兰有分株现象,但 2015 年 1 月调查发现紫茎泽兰分株特别普遍,90% 植株均从茎基部分株,单株平均有 4 个分枝,有的植株分株数高达 10 枝。紫茎泽兰种子具有发芽不整齐的特点,以防条件适宜时全部萌发,后面却因遭不良环境而使种群受灾,但其萌发主要集中在当年雨季^[19]。因此,调查样地冬季紫茎泽兰盖度显著增加除了自身进行有性繁殖外还可能与其具有强大的无性繁殖能力有关。紫茎泽兰火烧后当年就能成为优势种,几年后即可形成单优群落,除了与上述因子有关外,还与自身物候及入侵地生态因子有关。四川省凉山州紫茎泽兰种

子一般 3—5 月成熟,此时正值当地的大风季节,有利于种子传播,且恰遇当地的雨季有利于种子萌发与幼苗生长。四川省凉山州干湿季节特别分明,5—10 月为雨季,11 月至次年 4 月为干季,雨季占降水量的 90% 以上。当然雨季也有利于本地物种的萌发与生长,但紫茎泽兰为多年生灌木状草本,具有冬季不休眠、生长季可萌发新枝且可种子萌发生长等特点^[21]。从调查样地林下植被更新结果可以看出,一年生本地物种大多冬季会枯萎,仅菊科及灌木等少数植物不枯萎。但紫茎泽兰生长速度极快,当年生植株冬季高达 1 m,远远超过本地大多数灌木的生长。因此,虽然春季林下有其他物种萌发生长,但紫茎泽兰盖度仍继续升高。

有研究表明,栖息地物种多样性对紫茎泽兰入侵有显著性作用,物种多样性越高的栖息地对入侵植物的阻抗越强^[22-23]。据报道,云南松天然林与云南松人工林,云南松混交林与云南松纯林林下物种多样性更高^[24-25]。因此,在森林管理与植被恢复过程中可以人为引导群落组成与结构的改变,提高入侵地的物种多样性,提高入侵地的抵抗能力。

森林火灾是森林植被的主要灾害之一,我国平均每年因森林火灾毁坏的森林面积占总面积的 0.86%^[26]。凉山州是四川省火灾严重的地区之一,1979—2008 年年均火灾面积达 4 008.83 hm²,火烧迹地的植被恢复是人们面临的一个重要问题^[27]。调查中发现,“3·18”火灾后,当地林业部门在火烧迹地也做了一定的植被恢复工作,意图通过人工栽植阔叶树幼苗来改变森林群落结构,但目前效果并不理想,一是幼树成活率低,二是紫茎泽兰仍是当前群落的优势种群。原因可能是由于植被恢复时间过晚、苗木偏小、种植密度不合适等。调

查结果表明,火灾后到雨季结束,紫茎泽兰优势并不特别明显,9月紫茎泽兰株高基本低于50cm,绝大多数均为种子萌发的实生苗,分枝量极少,而且此时本地物种较多,多样性较高,有些区域紫茎泽兰尚未成为优势种,如样地C,优势种为钻子苗。但随着气温的降低,大多数植物开始停止生长甚至枯死,而紫茎泽兰则继续处于生长旺盛期(10—12月,紫茎泽兰生长也极其旺盛)。火烧后1年,林下更新植物种类也较为丰富,火烧严重的样地B与样地C平均每个样地更新的被子植物有30种,草灌木均有,但火烧后1年绝大多数植物株高均低于紫茎泽兰,仅臭灵丹、野苘蒿、大籽蒿、小蓬草、车桑子少数几种植物株高可以与紫茎泽兰相比,但其种子库数量及发芽率远低于紫茎泽兰,且紫茎泽兰在冬季与来年还可继续长高。因此,针对紫茎泽兰入侵区火烧迹地的植被恢复,须要充分利用火烧到雨季结束这段时间,在物种选择上既要充分考虑多样性与本土性,更要考虑其生长势与覆盖度。紫茎泽兰一年生株高可达1m,成年植株株高可达2m,在人工恢复群落中,最好选择的先锋物种当年株高能超过紫茎泽兰成年株高,覆盖度能优于紫茎泽兰,能占据有效生态位达到抑制紫茎泽兰生长的目的。

研究结果表明,在紫茎泽兰入侵严重区域,利用本地植被自然恢复的可能性极小,即使经历火灾这种强大的干扰后,紫茎泽兰也能很快成为优势种形成单一优势群落。紫茎泽兰防控措施有人工与机械防除、化学防除、生物防除、替代控制等。对已形成单一优势群落区域实施人工铲除、化学防除成本较高且难度很大,生物防除目前效果并不理想。针对紫茎泽兰此类入侵植物,预防远比防除成本低。因此建议政府及有关部门要特别加强对紫茎泽兰等入侵植物的防控,保护生态系统的稳定性。防控入侵植物扩散除了须要做好检疫工作阻隔外来入侵植物的入侵外,还须要加强入侵植物空间分布预测及防控蔓延措施的研究^[28],并针对研究结果切实做好防控工作,如隔离带、隔离区域的建设。针对受灾区,防治紫茎泽兰替代控制不失为一种较好的方法,但从研究结果来看,替代控制难度也极大。主要原因是紫茎泽兰繁殖力极强,植株较高,生态位占据力极强,一年四季均可生长等。因此,替代控制物种的选择及替代时间的掌握非常重要,应根据每个地方的特点有针对性地进行选择,提高替代控制的成功率。

致谢:感谢西昌学院动物科学学院野生动物与自然保护专业2011级聂运芳、徐可同学,2012级冯莹莹、赵玉娇、何延龙同学,2013级王荣坤、先强同学,2014级蒋龙、曾正明同学参与野外调查工作,感谢罗强教授在物种鉴定中提供的帮助。

参考文献:

[1] 强 胜. 世界性恶性杂草——紫茎泽兰研究的历史及现状[J]. 植物科学学报, 1998, 16(4): 366-372.

[2] 王进军. 紫茎泽兰重要农林外来入侵物种的生物学与控制[M]. 北京: 科学出版社, 2005, 650-661.

[3] 赵国晶, 马云萍. 云南省紫茎泽兰的分布与危害的调查研究[J]. 杂草学报, 1989, 3(2): 37-40.

[4] Wang R, Wang Y Z. Invasion dynamics and potential spread of the invasive alien plant species *Ageratina adenophora* (Asteraceae) in

China[J]. Diversity and Distributions, 2006, 12(4): 397-408.

[5] Lu Z J, Ma K P. Spread of the exotic croftonweed (*Eupatorium adenophorum*) across southwest China along roads and streams[J]. Weed Science, 2006, 54(6): 1068-1072.

[6] 丁 晖, 徐海根, 刘志磊. 外来入侵植物紫茎泽兰对植物多样性的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(2): 29-32, 75.

[7] 桂富荣, 蒋智林, 王 瑞, 等. 外来入侵杂草紫茎泽兰的分布与区域减灾策略[J]. 广东农业科学, 2012, 39(13): 93-97.

[8] 袁 虹, 孙小霞, 郭生祥, 等. 祁连山自然保护区森林自然灾害发生危害调查及防治对策探讨[J]. 甘肃科技, 2011, 27(20): 183-168.

[9] 孔繁花, 李秀珍, 王绪高, 等. 林火迹地森林恢复研究进展[J]. 生态学杂志, 2003, 22(2): 60-64.

[10] 董和利, 徐鹤忠, 刘滨辉. 大兴安岭火烧迹地主要目的树种的天然更新[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(1): 22-24.

[11] 罗 涛, 何 平, 张志勇, 等. 渝西地区火烧迹地不同植被恢复方式下的物种多样性动态[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2007, 29(6): 118-123.

[12] 王明玉, 任云卯, 李 涛, 等. 火烧迹地更新与恢复研究进展[J]. 世界林业研究, 2008, 21(6): 49-53.

[13] 何银忠, 王有兵, 严 毅, 等. 滇中地区火烧迹地植被恢复研究[J]. 林业调查规划, 2014, 39(1): 60-64.

[14] 李贤伟. 云南松研究现状及动态[J]. 四川农业大学学报, 1995, 13(3): 309-314, 363.

[15] 戴开结, 何 方, 沈有信, 等. 云南松研究综述[J]. 中南林学院学报, 2006, 26(2): 138-142.

[16] 陈开伟. 四川凉山飞播林生态脆弱性研究[J]. 中国林业, 2009(21): 39.

[17] 熊 华, 吴贤明. 西昌市云南松林区林火迹地现状与更新修复对策[J]. 西昌学院学报(自然科学版), 2014, 28(2): 11-13.

[18] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究——丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.

[19] 党伟光, 高贤明, 王瑾芳, 等. 紫茎泽兰入侵地区土壤种子库特征[J]. 生物多样性, 2008, 16(2): 126-132.

[20] 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.

[21] 李小艳. 氨基吡啶酸对紫茎泽兰有性繁殖的影响[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(4): 95-99.

[22] Levine J M, D'antonio C M. Elton revisited: a review of evidence linking diversity and invasibility[J]. Oikos, 1999, 87(1): 15-26.

[23] 郑景明, 马克平. 植物群落多样性与可入侵性关系研究进展[J]. 应用生态学报, 2006, 17(7): 1338-1343.

[24] 蔡年辉, 李根前, 朱存福, 等. 云南松人工林与天然林群落结构的比较研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(2): 1-4.

[25] 张俊艳, 陆元昌, 成克武, 等. 近自然改造对云南松人工林群落结构及物种多样性的影响[J]. 河北农业大学学报, 2010, 33(3): 73-77.

[26] 陶玉柱, 邸雪颖, 金 森. 我国森林火灾发生的时空规律研究[J]. 世界林业研究, 2013, 26(5): 75-80.

[27] 李 德, 牛树奎, 龙先华, 等. 四川省森林火灾与气象因子的关系[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(6): 67-74.

[28] 丁 丹, 陈 超. 红毛草(*Rhynchelytrum repens*)入侵特性、地理分布和风险评估[J]. 杂草学报, 2016, 34(2): 29-33.