

云南临沧地区公路两侧紫茎泽兰分布格局

张 黎^{1, 2}, 马友鑫^{1*}, 李红梅¹, 刘文俊¹, 曹智伟^{1, 2}, 张 强^{1, 2}

1. 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039

摘要: 云南省临沧地区是我国紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum*) 传入最早和入侵危害最严重的地区。文章在该地区选取典型路段并设置了 10 个样地, 以等级、路宽、路面状况、路龄、人类活动干扰不同的 7 条公路为研究对象, 分析了紫茎泽兰生物量、株高和株数与距公路距离、公路宽度、景观类型、坡向及海拔的关系。结果表明, 公路对紫茎泽兰生物量和株高有显著影响的最远距离为 24 m, 而对株数的影响达 34 m; 6 m 宽的公路对紫茎泽兰生物量和株数影响最显著, 且路龄越长、交通干扰越大的公路两侧的紫茎泽兰入侵危害越严重; 紫茎泽兰在公路附近的撂荒地和次生林两个景观类型中入侵危害严重, 景观类型对生物量与坡向对株高的影响不显著, 位于南坡公路附近的紫茎泽兰生物量和株数最高, 研究发现公路附近紫茎泽兰总生物量随海拔升高而增加, 在 1 700 m 达最大, 随后则降低。

关键词: 紫茎泽兰; 分布格局; 公路效应; 外来植物; 临沧地区

中图分类号: X173

文献标识码: A

文章编号: 1672-2175 (2007) 02-0516-07

紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum*) 原产中美洲墨西哥和哥斯达黎加一带, 是一种广泛传播的世界性害草^[1-3]。20 世纪 30 年代左右从中缅边境传入我国云南地区^[4], 约经半个多世纪的传播扩散, 现已在云南、贵州、四川、广西、重庆、西藏、广东、湖南和海南等省区有广泛分布和危害。紫茎泽兰的入侵, 对生物多样性保护和人类生存环境造成严重威胁。因此在 2003 年国家环保局首批确定最重要的 16 种外来入侵物种中, 紫茎泽兰名列首位。目前, 对于紫茎泽兰的研究主要集中在其分布、危害、生物学特性、化学成分及防除方法等方面^[3-7], 但对其入侵机制方面关注较少, 尤其是公路对这种恶性杂草入侵扩散影响的研究相对薄弱。

道路网络作为社会和经济发展的中枢, 其分布之广泛和发展之迅速, 都是其它人类建设工程无法比拟的。当道路网络和各种交通工具为人类带来巨大效益的同时, 它们对自然景观和生态系统的负面影响也在不断的加大^[8]。近年来, 公路在外来植物入侵进程中起的重要作用已得到国际上的广泛关注^[9-12], 但国内研究很少注意到公路的廊道效应与外来植物入侵扩散之间的联系。因此, 开展公路对典型外来入侵植物影响的研究具有实际意义, 同时也为生态安全和生物多样性保护提供研究素材。云南省临沧地区是我国紫茎泽兰最早传入区和入侵危害最严重的地区之一, 在间歇地、撂荒地生长最为茂盛^[13]。对该地区公路附近紫茎泽兰分布情况仅限一般性的描述^[14]。本文将从公路等级 (宽度)、

地形、景观类型等方面来研究紫茎泽兰在公路附近的分布格局, 初步探讨其入侵影响机制, 以期丰富公路对外来入侵植物影响的研究, 为外来植物入侵影响的评价和区域生态预警及修复提供基础。

1 材料与方法

1.1 研究区域

研究地区位于云南省临沧地区。该地区地处云南省西部 (图 1), 属横断山系怒山山脉的南延部分, 系滇西纵谷区, 地处澜沧江和怒江中下游, 属亚热带低纬度山地季风气候, 主要受印度洋暖湿气流和西南季风的影响, 干湿季分明, 环境复杂, 生物多样性丰富。本研究在紫茎泽兰分布的典型路段设置样地, 以等级、路宽、路面状况、路龄和人为干扰不同的 7 条公路为研究案例, 选取 2 条二级路、2 条三级路和 3 条四级路, 共设置了 10 个样地 (表 1), 样地的基本地理信息使用 GPS 测定。

1.2 研究方法

1.2.1 样带和样方

在每个样地, 以路肩为起点, 垂直于公路向邻近景观设 3 条平行样带, 在每条样带上距离路肩不同距离处 (0、2、4、9、14、24、34、50、100 m) 建立 1 m×1 m 样方。

1.2.2 生物量的测定

地上生物量 采用收获法, 即收割 1 m×1 m 小样方的全部地上部分, 称量其鲜质量, 同时取样称其鲜重带回实验室, 置于鼓风干燥箱中在 80 恒温下经 24 h 烘至恒质量, 然后称量, 折算含水量,

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30570321)

作者简介: 张 黎 (1982 -), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为入侵生态学。E-mail: zhangl@xtbg.ac.cn

*通讯作者: 马友鑫, E-mail: may@xtbg.ac.cn

收稿日期: 2007-01-05

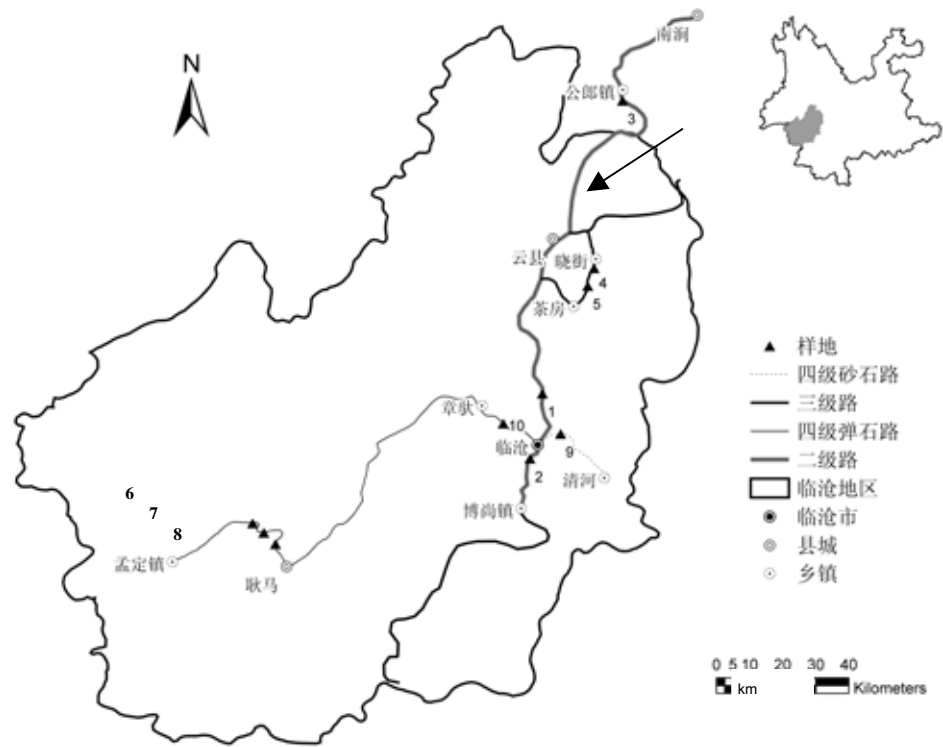


图 1 研究区域与样地位置（样地旁数字为样地编号，见表 1）

Fig. 1 Location of study area and sampling plots along roads (The number beside the plot is plot number, see table 1)

表 1 样地基本情况

Table 1 The outline of plots, in Lincang, Yunnan

样地编号	样地经纬度	海拔/m	等级	路宽/m	景观类型
样地 1	N24°00'25" ; E100°05'19"	1370	二级路	14	次生林
样地 2	N23°51'18" ; E100°05'22"	1520	二级路	14	次生林
样地 3	N24°53'58" ; E100°15'45"	2038	二级路	8.5	撂荒地
样地 4	N24°21'25" ; E100°14'15"	1362	三级路	7	撂荒地
样地 5	N24°18'31" ; E100°13'14"	1656	三级路	7	撂荒地
样地 6	N23°35'59" ; E99°22'37"	1409	四级路	6.5	撂荒地
样地 7	N23°36'14" ; E99°22'16"	1600	四级路	6.5	次生林
样地 8	N23°37'41" ; E99°22'18"	1815	四级路	6.5	次生林
样地 9	N23°54'00" ; E100°07'5"	1588	四级路	6.5	撂荒地
样地 10	N23°55'22" ; E99°59'37"	1749	四级路	6	撂荒地

换算成单位面积的干质量($t \cdot hm^{-2}$)。

地下生物量 将小样方的植物地下部分全部掘出，称鲜质量，取样烘干求出地上、地下生物量比值，换算成单位面积的干质量($t \cdot hm^{-2}$)。

1.2.3 株高的测定

在每个小样方内，从高到低测量 10 株自然株高，取其平均值。

1.2.4 株数的测定

在每个小样方内计其株丛数。

1.2.5 统计分析

使用 SPSS12.0 进行方差分析和多重比较，以 $P < 0.05$ 为显著， $P < 0.01$ 为极显著。

2 研究结果

2.1 紫茎泽兰与距公路不同距离的关系

ANOVA 的结果显示，距公路不同距离对紫茎泽兰生物量、株高和株数影响显著 ($P < 0.05$)。紫茎泽兰生物量和株高都是在距公路距离为 4 m 处达到峰值随后下降，远于 24 m 下降趋势渐趋平缓（下页图 2a，图 2b）。紫茎泽兰株数是在距公路 2 m 处达最大，随后下降，远于 34 m 则减少不明显（图 2c）。

2.2 紫茎泽兰与公路宽度的关系

ANOVA 结果显示，不同路宽的公路对紫茎泽兰地上、地下生物量和株数影响极显著 ($P < 0.01$)，而对紫茎泽兰株高影响不显著 ($P > 0.05$)。紫茎泽兰地上和地下生物量随路宽的增加呈现下降趋势（图 3）。通过 LSD 多重比较表明，路宽为 6 m 的公路两侧紫茎泽兰地上和地下生物量显著高于其它路宽的生物量 ($P < 0.01$)。

2.3 路边生境对紫茎泽兰的影响

2.3.1 景观类型的影响

研究设置的 10 个样地中有两种景观类型，其中 4 个样地为次生林，6 个样地为撂荒地。ANOVA

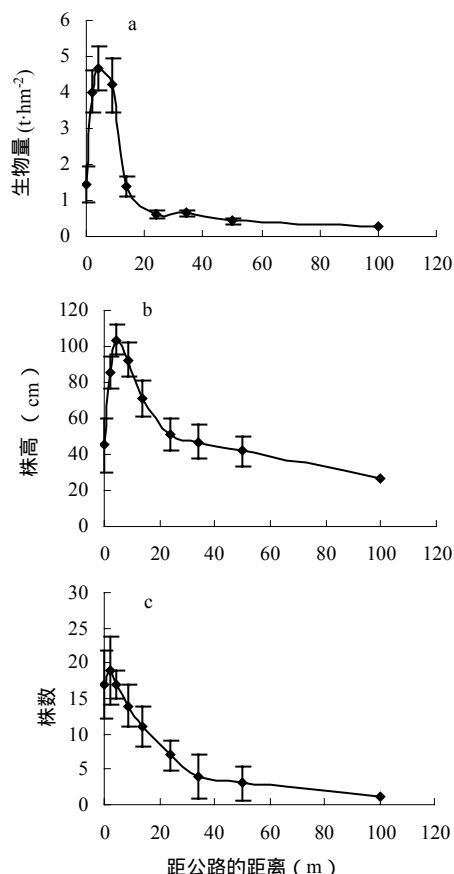


图2 距公路不同距离紫茎泽兰的生物量(a)、株高(b)和株数(c)
Fig. 2 The relation of biomass (a), height (b), individual number (c) of *Eupatorium adenophorum* to distance from roads

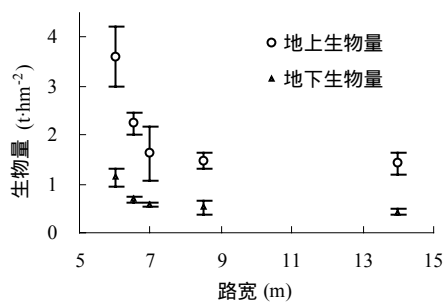


图3 不同路宽下紫茎泽兰地上、地下生物量
Fig. 3 The relation of aboveground and underground biomass of *Eupatorium adenophorum* to road width

分析表明,不同的景观类型对紫茎泽兰生物量影响不显著($P>0.05$),但对紫茎泽兰的株高和株数均影响显著($P<0.05$)。LSD 多重比较发现,撂荒地的紫茎泽兰株高大于次生林,次生林的紫茎泽兰株数多于撂荒地($P<0.05$)(图4)。

2.3.2 坡向的影响

研究选取的10个样地有4个为东坡,3个为南坡,3个为西坡。ANOVA 结果显示,坡向对紫茎

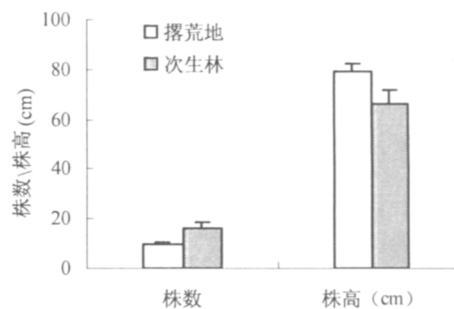


图4 不同景观类型下紫茎泽兰株数和株高
Fig. 4 The individual number and height of *Eupatorium adenophorum* in different type of landscape

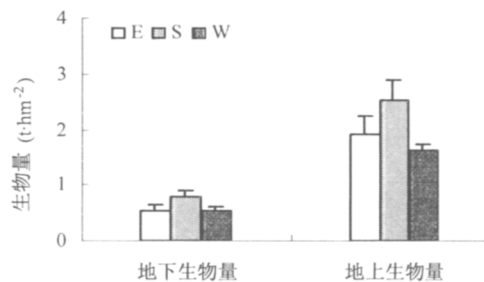


图5 不同坡向上紫茎泽兰地上、地下生物量
Fig. 5 The aboveground and underground biomass of *Eupatorium adenophorum* in different aspect
E: 东坡 S: 南坡 W: 西坡

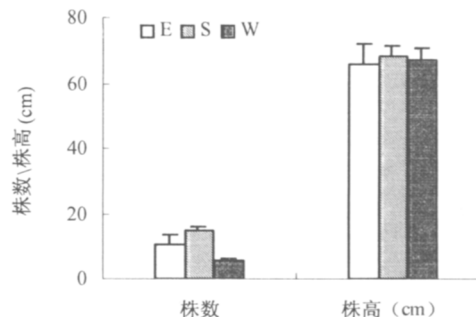


图6 不同坡向下紫茎泽兰株数和株高
Fig. 6 The individual number and height of *Eupatorium adenophorum* in different aspect
E: 东坡 S: 南坡 W: 西坡

泽兰生物量和株数的影响显著($P<0.05$),对紫茎泽兰株高影响不显著($P>0.05$),通过LSD 多重比较发现,南坡的地上、地下生物量和株数比西坡和东坡大($P<0.05$)。

2.3.3 紫茎泽兰与海拔的关系

研究调查的海拔范围为1362~2038 m, ANOVA 分析表明海拔对紫茎泽兰生物量影响极显著($P<0.01$)。多项式回归结果显示紫茎泽兰的生物量随海拔的增加而逐渐升高,在1700 m左右达到峰值,然后开始下降($P<0.05$)(图7)。

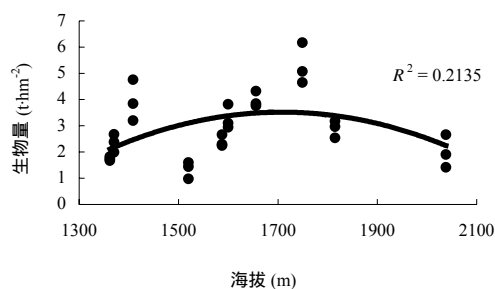


图7 紫茎泽兰生物量与海拔之间的关系

Fig. 7 The relationship between invasion of *Eupatorium adenophorum* and elevation

3 讨论

3.1 公路沿线紫茎泽兰分布格局

已有研究发现,入侵植物的分布格局与道路关系密切,具体体现在两个方向:(1)沿着道路方向呈富集分布^[15](2)垂直道路方向呈递减分布^[16-18]。外来植物从道旁向周围扩散的距离是评价道路对外来植物影响的一个重要指标。在美国蒙大纳州冰河国家公园,外来植物主要富集在两车道的高速路旁1~2 m范围内^[17]。在澳大利亚维多利亚州一条土路上,外来植物在路旁5 m内出现频率最高^[19]。美国威斯康辛州Chequamegon国家公园中也有外来种在路边15 m内最多,而在内部生境中少见报道^[20]。在我国四川犍为县,紫茎泽兰主要分布在公路附近15 m的范围内^[21],而且道路旁出现的数量和频率最大^[22]。在加拿大 Banff 国家公园里的研究显示,穿越森林生境的公路和铁路两侧外来种出现的频度在25 m后没有明显的变化^[23]。Forman 研究发现外来植物向道路两侧扩散的最远距离为120 m,但大多数主要发生在10 m之内^[8]。本研究表明,紫茎泽兰的生物量、株高和株数随距离公路渐远而先增后减,在24 m后趋于平缓。距路边2m以内紫茎泽兰的生物量、株高和株数较低可能归因于路人践踏和公路维护的干扰。以上各研究中外来入侵植物的扩散距离存在差异,原因可能与当地不同的自然条件、道路状况和道旁景观有关,同时国外多选取外来入侵植物的丰富度为研究指标,与本研究只选取一种入侵植物的生物量、株高和株数为指标不同,这可能是得出不同扩散距离的原因。

路域生态系统之所以能成为外来入侵植物传播的最主要途径,原因在于作为一种特殊的人工生态系统,其表现出的较强的生态敏感性和脆弱性。当公路廊道穿越某一自然生境时,首先直接引起路域栖息地的流失和周围理化环境的改变,随后与周边植被很快建立起边缘效应,形成的这种特殊的边缘生境决定了路旁植被物种组成数量和类型的改

变,外来种增多,本地种减少^[24]。路域生态系统长期受到人为干扰。如在施工阶段,包括开挖路基、道路平整、施工机械活动、材料堆放和工程弃渣都会破坏地表植被,也对地表土壤构型、理化性质、肥力水平等产生影响^[25]。在运营阶段,公路产生交通干扰,改变地表和地下径流及沉积物,释放矿物质和污染物等,改变土壤微环境以及土地利用方式,都会使部分当地种受到胁迫^[26]。而且由于路边常常缺乏郁闭的植被,能获得更多的光照,路边径流中富含营养物质,这些都为入侵植物提供合适的生境,导致路旁外来植物生物量、种子产量和生长率都增大^[27]。公路对路旁入侵植物的干扰作用随距离公路渐远而减少,使紫茎泽兰向垂直于公路方向扩散的机率递减,这正是植物入侵从路边向内部生境方向呈下降趋势的原因。加之紫茎泽兰主要靠产生大量能随风飘移的种子完成有性繁殖,蔓延和扩大其种群。路边生境开阔,车流造成局部风大的小气候,而且动物或车辆能够携带种源,这是导致紫茎泽兰沿着公路廊道传播扩散的主要因素^[15]。值得关注的是,紫茎泽兰沿公路廊道纵向传播,并以路为源头向周围邻近景观横向扩散的状况,改变邻近区物种组成、分布和生态过程,导致景观格局改变,进而影响整个生态系统结构与功能^[28]。

3.2 公路宽度与紫茎泽兰入侵的关系

近年来的研究表明,干扰越强烈,入侵越易发生^[29,30]。人为干扰如修建道路、垦荒和放牧等对本地群落的破坏大,很大程度上改变了微环境,导致群落中形成空的生态位,使得外来种易于进入并定居^[31]。Gelbard^[12]研究了美国犹它州 Canyonlands 国家公园里的42条道路,按路面状况分为4级,发现随着道路等级的提高,自然生境逐渐转变为路边生境,进而将入侵植物散布到邻近的自然生态系统。路面较宽并且路况较好的道路受到车辆干扰强烈,其道路的边缘地区更宽阔,因此外来种的丰富度和盖度更高。

本研究结果表明,不同宽度的公路对紫茎泽兰地上、地下生物量及株数影响极显著,但对紫茎泽兰株高影响不显著。紫茎泽兰地上和地下生物量随路宽的增加呈现下降趋势。样地所在地公路的等级随路宽的增加而增高,路面状况由砂石路、弹石路提升到柏油路。等级较低的公路多为修建年代久远的老路,而等级较高的为新路,因此在公路建设过程中生境的改变、公路维护和车辆干扰等方面出现相应的梯度。如较宽的公路路基开挖和填充较大,对原生境植被和土壤破坏较大,造成公路附近土壤深度较浅,紫茎泽兰不易定居。而较窄的公路路龄长,紫茎泽兰入侵时间较长,交通干扰较大,公路

维护不如等级高的公路频繁,使紫茎泽兰入侵扩散机率增大而维护的破坏作用减小。以上因素的综合作用可能是紫茎泽兰生物量和株数与路宽成负相关的主要原因。如路宽为6 m的临沧到章驮段四级公路修建于1967年,是连接两地唯一的公路,加上章驮乡下属的邦买村内煤矿的运输频繁,使得该段公路受到的干扰大于祥临二级公路(2005年通车,路宽14 m)和云县至晓街、茶房乡的三级公路(1993年通车,路宽7 m),因此该路段紫茎泽兰入侵最为严重。而建于1999年的6.5 m四级弹石路虽然穿越耿马南滚河自然保护区,但它是连接耿马到孟定镇的惟一公路,车流量大,干扰频繁,紫茎泽兰入侵也较为严重。由此可见,路龄长短和交通量大小是紫茎泽兰入侵程度的主要影响因素。另需指出,本研究中路面较宽和路况较好的路都是新建公路,交通干扰程度和公路附近土壤深度都小于路面较窄和路况较差的公路,这一点与Gelbard^[12]所做研究的情况存在差异。但在外来植物入侵机制方面,两项研究得出一致的结果:公路等级、宽度和路面状况是通过公路的施工、维护和交通干扰活动改变路边生境来促进外来植物入侵扩散的。

3.3 景观类型、坡向和海拔对紫茎泽兰的影响

路旁景观类型对紫茎泽兰地上、地下生物量影响不显著,撂荒地的紫茎泽兰株高显著大于次生林,次生林的紫茎泽兰株数显著多于撂荒地。这说明经过50多年的入侵扩散,紫茎泽兰在公路附近的撂荒地和次生林中入侵危害的严重程度没有显著差异。刘伦辉等^[2]研究发现该紫茎泽兰生长的最佳光照条件以全光照的50%~80%最佳,遮荫对其成苗生长有明显的抑制作用。撂荒地较好的光照条件和少有竞争物种可能是紫茎泽兰株高较高的原因,而次生林在路旁2 m范围外有较好的郁闭度和较强的竞争环境可能是紫茎泽兰丛数多但长不高的原因。

坡向对紫茎泽兰入侵影响显著,南坡的生物量和株数的值比西坡和东坡大。不同坡向接收的太阳辐射有差异,南坡太阳辐射最多,由于当地盛行西南季风,南坡为迎风坡,空气湿度大,这可能是紫茎泽兰南坡生物量大和株数多的原因。孟秀祥等^[32]在四川西南部的研究也得出阳坡紫茎泽兰分布较多的结论,这与刘伦辉等得到的紫茎泽兰是阳性喜湿植物的结论一致^[2]。Auld^[1]及卢志军和马克平^[33]研究发现紫茎泽兰对坡向无明显倾向,这可能与评价紫茎泽兰入侵的指标不同有关。Auld^[1]统计的是紫茎泽兰出现的频率,卢志军和马克平^[33]使用的是盖度和多度,而本研究选用的是生物量、株高和株数;还可能与研究区域的尺度不同有关,卢志军

和马克平^[33]的调查覆盖云南、广西、贵州等地,而本研究选取的紫茎泽兰入侵最早和最典型的云南省临沧地区,其经纬度和海拔的跨度较小。

据2002年调查,临沧地区从海拔460~3 100 m均有紫茎泽兰分布,以800~2 200 m海拔范围内为生长茂盛区^[14]。孟秀祥等^[32]研究了四川西南海拔跨度为1 500~1 850 m的紫茎泽兰发生区,发现在海拔1 600 m左右紫茎泽兰株数最多。卢志军和马克平^[33]在云南、广西、贵州、四川和重庆海拔范围75~2 330 m的调查发现紫茎泽兰最易生长在海拔2 000 m左右。相似的研究,如在美国北部中心低海拔地区比高海拔地区有更多的外来种^[34]。智利南部外来种的入侵在高海拔地区就会丧失其竞争力^[35]。本研究调查的海拔范围为1 362~2 038 m,海拔对紫茎泽兰入侵影响极显著,紫茎泽兰生物量在海拔高度上的变化呈现单峰型,在海拔1 700 m时达最大。温度是随海拔变化最明显的因子,因此温度可能是影响紫茎泽兰发生的主要气候因子^[33]。同时,高海拔地区交通压力及人类干扰活动的减少使其繁殖动力降低^[36],也可能是发生该现象的一个重要影响因素。由此可见,海拔1 700 m左右的温度、交通压力及人类干扰活动可能是紫茎泽兰适宜生长的最佳组合。

4 结论

紫茎泽兰以路为源头向周围邻近景观扩散,公路通过施工、维护和交通干扰活动改变路边生境来促进紫茎泽兰入侵扩散,紫茎泽兰在公路附近的撂荒地和次生林中入侵危害都很严重,紫茎泽兰是阳性喜湿植物在南坡入侵严重,海拔1 700 m左右为紫茎泽兰适宜生长区。

参考文献:

- [1] AULD B A. Eupatorium weed species in Australia[J]. Pans, 1970, 16 (1):82-86.
- [2] 刘伦辉, 谢寿昌, 张建华. 紫茎泽兰在我国的分布、危害及防除策略的探讨[J]. 生态学报, 1985, 5: 1-6.
LIU Lunhui, XIE Shouchang, ZANG Jianhua. Studies on the distribution, harmfulness and control of *Eupatorium adenophorum* Spreng[J]. Acta Ecologica Sinica, 1985, 5: 1-6.
- [3] 强胜. 世界性恶性杂草: 紫茎泽兰研究的历史及现状[J]. 武汉植物学研究, 1998, 16: 366-372.
QIANG Sheng. The history and status of the study on crofton weed (*Eupatorium adenophorum* Spreng.) a worst world-wide weed[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 1998, 16: 366-372.
- [4] 李振宇, 解焱. 中国外来入侵种[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002: 163.
LI Zhengyu, XIE Yan. Invasive Alien Species in China[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2002: 163.
- [5] 向业勋. 紫茎泽兰的分布、危害及防除意见[J]. 杂草科学, 1991, (4): 10-11.

- XIANG Yexun. The distribution, harmfulness and elimination of *Eupatorium adenophorum* Spreng[J]. Chinese Journal of Weed Science, 1991, (4):10-11.
- [6] 宋启示, 付昀, 唐建维, 等. 紫茎泽兰的化学互感潜力[J]. 植物生态学报, 2000, 24: 362-365.
- SONG Qishi, FU Yun, TANG Jianwei, *et al.* Allelopathic potential of *Eupatorium adenophorum*[J]. Acta Phytoecologica Sinica, 2000, 24: 362-365.
- [7] 王俊峰, 冯玉龙. 光强对两种入侵植物生物量分配、叶片形态和相对生长速率的影响[J]. 植物生态学报, 2004, 28: 781-786.
- WANG Junfeng, FENG Yulong. The effect of light intensity on biomass allocation, leaf morphology and relative growth rate of two invasive plants[J]. Acta Phytoecologica Sinica, 2004, 28: 781-786.
- [8] FORMAN R T, SPERLING D, BISSONETTE J A, *et al.* Road ecology: science and solutions[M]. Inland Press, 2002:3-397.
- [9] LONSDALE W M, LANE L A. Tourist vehicles as vectors of weed seeds in Kakadu National Park, northern Australia[J]. Biological Conservation, 1994, 69:277-283.
- [10] TROMBULAK S C, FRISSELL C A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities[J]. Conservation Biology, 2000, 14:18-30.
- [11] PARENDES L A, JONES J A. Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and streams in the H.J. Andrews Experimental Forest, Oregon[J]. Conservation Biology, 2000, 14: 64-75.
- [12] GELBARD J L, BELNAP J. Roads as conduits for exotic plant invasions in a semiarid landscape[J]. Conservation Biology, 2003, 17 (2):420-432.
- [13] 吴仁润. 紫茎泽兰和飞机草在云南省的分布、危害与防治[J]. 中国草原, 1984, 2:17.
- WU Renrun. The distribution, hazard and control of *E. adenophorum* and *E. odoratum*[J]. Grassland of China, 1984, 2:17.
- [14] 禹崇云, 吴明寿, 赵亚梅, 等. 云南临沧地区紫茎泽兰分布、危害和管理的研究[J]. 临沧科技, 2003,4: 29-31.
- YU Chongyun, WU Mingshou, ZHAO Yamei, *et al.* The study on the distribution and harmfulness and management of *Eupatorium adenophorum* in Lincang, Yunnan, China[J]. Lincang Technology and science, 2003,4:29-31.
- [15] GREENBERG C H, CROWNOVER S H, GORDON D R. Roadside soil: a corridor for invasion of xeric scrub by noindigenous plants[J]. Natural Areas Journal, 1997, 17: 99-109.
- [16] FORCELLA W, HARVEY S J. Eurasian weed infestation in western Montana in relation to vegetation and disturbance[J]. Madrono, 1983, 30: 102-109.
- [17] TYSER J W, WORLEY C A. Alien flora in grasslands adjacent to road and rail corridors in Glacier National Park, Montana (USA) [J]. Conservation Biology, 1992, 6: 253-262.
- [18] GELBARD J L, HARRISON S. Roadless habitats as refuges for native grasslands: interactions with soil, aspect, and grazing[J]. Ecological Applications, 2003, 13 (2):404-415.
- [19] AMOR R L, STEVENS P L. Spread of weeds from a roadside into sclerophyll forest at Dartmouth, Australia[J]. Weed Research, 1975, 16: 111-118.
- [20] WATKINS R Z, CHEN J, PICKENS J, *et al.* Effects of forest roads on understory plants in a managed hardwood landscape[J]. Conservation Biology, 2003, 17:411-419.
- [21] 易建平, 印丽萍, 李大春, 等. 四川乐山区紫茎泽兰的入侵定殖和风险评估[J]. 植物检疫, 2003,17 (6): 333-336.
- YI Jianping, YIN Liping, LI Dachun, *et al.* Invasion and establishment of crofton weed (*Eupatorium adenophorum* Spreng.) in Leshan area Sichuan province and its pest risk analysis[J]. Plant Quarantine, 2003, 17 (6):333-336.
- [22] 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.
- ZHAO Guojin, MA Yunping. The investigation research on the distribution and harmfulness of *Eupatorium adenophorum* Spreng. in Yunnan Province[J]. Journd of Weed Science, 1989, 3 (2):37-40.
- [23] HANSEN M J, CLEVINGER A P. The influence of disturbance and habitat on the presence of non-native plant species along transport corridors[J]. Biological Conservation, 2005, 125: 249-259.
- [24] GODEFROID S, KOEDAM N. The impact of forest paths upon adjacent vegetation: effects of the path surfacing material on the species composition and soil compaction[J]. Biological Conservation, 2004, 119: 405-419.
- [25] 孙青, 卓慕宁, 朱利安, 等. 论高速公路建设中的生态破坏及其恢复[J]. 土壤与环境, 2002,11(2): 210-212.
- SUN Qing, ZHUO Muning, ZHU Lian, *et al.* Discussion on ecological destruction and its restoration in freeway construction[J]. Soil and Environmental Sciences, 2002, 11(2): 210-212.
- [26] TIKKA P M, HGMANDER H, KOSKI P S. Road and railway verges serve as dispersal corridors for grassland plants[J]. Landscape Ecology, 2001,16 (7):659-666.
- [27] JOHNSTON F M, JOHNSTON S W. Impacts of road disturbance on soil properties and on exotic plant occurrence in sub alpine areas of the Australian Alps[J]. Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 2004,36 (2):201-207.
- [28] 徐成东, 董晓东, 陆树刚. 红河流域的外来入侵植物[J]. 生态学杂志, 2006, 25 (2):194-200.
- XU Chengdong, DONG Xiaodong, LU Shugang. Invasive plants in Honghe River Basin of Yunnan Province, China[J]. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25 (2), 194-200.
- [29] DUGGIN J A, GENTLE C B. Experimental evidence on the importance of disturbance intensity for invasion of *Lantana camara* L. in dry rainforest-open forest ecotones in north-eastern NSW, Australia[J]. Forest Ecology and Management, 1998,109:279-292.
- [30] DEFERAFI C M, NAIMAN R J. A multiscale assessment of the occurrence of exotic plants on the Olympic Peninsula, Washington[J]. Journal of Vegetation Science, 1994, 5:247-258.
- [31] KITAYAMA K, MUELLER-DOMBOIS D. Biological invasion on an oceanic island mountain: do alien plant species have wider ecological ranges than native species[J]. Journal of Vegetation Science, 1995, 6 (5): 667-674.
- [32] 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: 293-300.
- MENG Xiuxiang, FENG Jinchao, ZHOU Yijun, *et al.* Ecological factor analyzing of the invasion of crofton weed in south western Sichuan Province[J]. Journal of the Central University for Nationalities :Natural Sciences Edition, 2003,12: 293-300.

- [33] 卢志军, 马克平. 地形因素对外来入侵种紫茎泽兰的影响[J]. 植物生态学报, 2004, 28:761-767.
LU Zhijun, MA Keping. The influence of topographical factors on the invasion of the alien species, *Eupatorium adenophorum*[J]. Acta Phytocologica Sinica, 2004, 28:761-767.
- [34] STOHLGREN T J, CHONG G W, SCHELL L D. Assessing vulnerability to invasion by non-native plant species at multiple scales[J]. Environ Manage, 2002, 29:566-577.
- [35] SAX D F, BROWN J H. The paradox of invasion[J]. Global Ecology and Biogeography, 2000, 9:363-371.
- [36] PAUCHARD A, ALABACK P B. Influence of elevation, land use, and landscape context on patterns of alien plant invasion along roadsides in protected areas of south-central Chile[J]. Conservation Biology, 2004, 18: 238-248.

Patterns of *Eupatorium adenophorum* along roadsides in Lincang region, Yunnan province, China

ZHANG Li^{1,2}, MA Youxin^{1*}, LI Hongmei¹, LIU Wenjun¹, CAO Zhiwei^{1,2}, ZHANG Qiang^{1,2}

1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

Abstract : We examined the distribution of *Eupatorium adenophorum* along roadsides and the relationship of its invasion to the distance from roads, road width, landscape, aspect and elevation in Lincang, Yunnan, China. This is the earliest and most serious area on this exotic plant invasion. Ten plots were established along 7 roads stratified by grade, surfacing material, road age and human disturbance. In the study of this exotic plant spread from roadsides into adjoining land, the distance of road effect for biomass and plant height was 24 m, and for number of individual was 34 m. The influence of the 6m-wide road on the biomass and number of individual was most significant. This exotic plant invasion was more serious along roadsides where road age and human disturbance were greater. *E. adenophorum* most frequently occurred at two landscapes: abandoned land and secondary forest along roadsides. There were no significant differences in the biomass between the two landscapes, and in the plant height between aspects. The biomass and number of individual on south facing slopes was greater than that on west and east facing slopes. And the biomass increased with elevation, reached its greatest at 1 700 m, and then declined.

Key words : *Eupatorium adenophorum*; pattern; road effect; exotic plant; Lincang