

紫茎泽兰种群年龄结构动态及对控制的指示意义

孙晓玉¹ 陆兆华¹ 于兴军² 桑卫国^{2*}

(1 中国矿业大学恢复生态研究所, 北京 100083)

(2 中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室, 北京 100093)

摘要 外来入侵植物紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)给我国西南地区的经济、社会和环境造成了严重的危害。为了阐明紫茎泽兰种群的年龄结构和未来发展趋势,为今后的防治工作提供科学依据,在攀枝花地区设置了20个样地(10 m × 10 m),对4种不同生境种群的年龄结构、静态生命表和时间序列预测进行了分析。这4个种群是该地区有代表性类型中紫茎泽兰的种群:路旁荒地、云南松(*Pinus yunnanensis*)林、阔叶林和阔叶林的林缘。种群年龄结构分析表明,目前(几个类型总和)个体数量比重分别为:幼年期占92.32%,青年期占6.40%,成熟期占2.20%,衰老期占0.18%,个体数量主要集中于幼年期。紫茎泽兰不同种群生命表和存活曲线的分析显示,紫茎泽兰对4个种群的入侵过程是路旁荒地→阔叶林林缘→阔叶林→云南松林,尽管所处的生境差异较大,但基本属于Deevey III型,一年生幼苗死亡率高达97.30%,种群偏离典型曲线的程度与群落受干扰程度强弱有关,一般由幼年期到青年期和由成熟期到衰老期死亡率较高(分别为93.07%和92.00%)。时间序列分析表明,在未来的3~5年中,紫茎泽兰种群仍然是以青年期和成熟期个体占绝对优势。

关键词 紫茎泽兰 生命表 存活曲线 种群数量动态 时间序列

AGE STRUCTURE DYNAMICS OF *EUPATORIUM ADENOPHORUM* POPULATIONS AND ITS IMPLICATIONS FOR CONTROLSUN Xiao-Yu¹ LU Zhao-Hua¹ YU Xing-Jun² SANG Wei-Guo^{2*}

(1 Institute of Restoration Ecology, China University of Mining and Technology, Beijing, 100083, China)

(2 Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract The invasion of *Eupatorium adenophorum* has caused serious damage to natural ecosystems by suppressing native species populations in disturbed forests and pastures in southwest China. In this study, the age structure dynamics of *E. adenophorum* populations were examined in 20 plots (10 m × 10 m) using the Greig-Smith grid method, in Panzhihua Prefecture, Sichuan Province of China. There is no standard method for identifying the age of an *E. adenophorum* plants, but through careful observations of the growth characteristics of *E. adenophorum* over several years in Panzhihua, we found a reliable method for aging individual plants. During the coldest season of every year, the apical half of branches grown in the current year wither and die, and a pair of opposite branches expand out from the lignified half that is below the wilted top. Although it can turn out clone genet alone once the branch touches the ground. At the same time sexual propagation and vegetative reproduction of radicolous branches carry through from year to year. That is to say, the most number of branching ranks of the same branch is likely to indicate the real age of the plant. We dug out the entire plant in each grid and counted the grade rank of each branch to determine the age of each individual plant. The results showed that the age structure of the 4 populations were similar with most individuals in the infancy (92.3%) and youth (6.4%) periods. The analysis of life tables and survival curves showed that chronological sequence of an *E. adenophorum* invasion was as follows: first, invasion occurred along roadside fields, followed by invasion into the margins of broad-leaved forest, then deep into broad-leaved forest, and finally into *Pinus yunnanensis* forest. Even under different environmental conditions, survival curves of all *E. adenophorum* populations belonged to the Deevey type III pattern, and mortality of all populations showed a peak in 1–2 years old with mortality rates of 97.3%. The degree to which a population deviated from a typical curve related to the intensity of human disturbance. In general, mortality during infancy period and mature period were high (93.1% and 92.0%). The invasion time-sequence model predicts that young and mature individuals will dominate the populations at 3 and 5 years from the present. Therefore, in the Panzhihua Pre-

fecture, we predict that *E. adenophorum* will become a serious problem in 3 to 5 years. Compared with populations of other invasive plants, the population of *E. adenophorum* has a similar break out pattern among populations. Traits promoting weediness included the ability to reproduce sexually and asexually, rapid growth from seedling to sexual maturity, and, most importantly, adaptation to environmental stress (phenotypic plasticity) and high tolerance to environmental heterogeneity.

Key words *Eupatorium adenophorum*, Life table, Survival curve, Population dynamics, Time sequence

近些年来,入侵种对本地种、群落及生态系统的影响已得到广泛认知(Elton, 1958; Lodge, 1993a, 1993b; Simberloff, 1996),无数研究已经总结了入侵种对本地种及群落结构的影响(Williamson, 1996; Wilcove *et al.*, 1998; Parker *et al.*, 1999; Sala *et al.*, 2000; Stein *et al.*, 2000),对入侵种在生态系统水平上影响的研究也在进行中(Vitousek & Walker, 1989; Mooney & Hobbs, 2000),并被看作是全球变化的主要内容之一(Vitousek *et al.*, 1996)。

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)原产中美洲,现已在世界热带地区广泛分布。事实上,这一物种对世界许多地区构成严重危胁(Patrabansh & Madam, 1997; Oelrichs *et al.*, 1998)。紫茎泽兰于 20 世纪 40 年代在我国云南南部被首次发现,现广泛分布于云南、广西、贵州、四川、西藏等省份。在其发生区常形成单优群落,排斥本地植物,影响天然林的恢复,侵入经济林地和农田,影响栽培植物生长,堵塞水渠、阻碍交通,且植株有毒,对畜牧业造成很大危害(李振宇和谢炎, 2002)。

为了更好地控制紫茎泽兰、减少其危害的程度—需要了解其种群的结构动态规律。种群的年龄结构是指不同年龄组的个体在种群内的比例和配置情况。研究种群的年龄结构对深入分析种群动态和进行预测预报具有重要价值。生命表是反映种群全部

生活史的各年龄组或生活态级的出生率、死亡率等综合信息表。它不仅能综合判断种群数量变化,也能反映出从出生到死亡的动态关系(李博等, 1999)。

1 研究方法

1.1 样地调查

本研究在四川省攀枝花市仁和区进行。在充分踏查的基础上,在路边荒地、阔叶林缘、云南松(*Pinus yunnanensis*)林下、阔叶林下不同生境选取具有代表性的地段作为调查样地,分别设 10 m × 10 m 样地 20 块,采用相邻格子法,将每一块样地划分成 100 个 1 m × 1 m 的小样方。样地调查包括:1)生境调查:包括地形地貌、海拔高度、坡位、坡向、土壤、及人为干扰强度(表 1);2)群落学特征:包括群落组成、高度、盖度等;3)紫茎泽兰年龄的判定,由于目前还没有提出一个权威的标准,我们根据紫茎泽兰的生长特性(当年长出的枝干未木质化,冬天会被冻坏,来年在其两侧发出两个对生的新枝,如此重复形成庞大的株丛),结合当地人的判定方法,采取用分枝级数代表年龄的方法,采取了将整棵大株挖出,找出其连根的主茎,沿着主茎找出其上分枝级数最多的一个侧枝,从地上部分的梢部向地下部分根部数分枝的级数,所能查到的最大的分枝级数即为这株植株的年龄。

表 1 不同紫茎泽兰种群的环境因子

Table 1 The environmental factors of different *Eupatorium adenophorum* populations

环境因子 Environmental factors	路旁荒地 Roadside	阔叶林 Broad-leaved forest	阔叶林林缘 Margin of broad-leaved forest	云南松林 <i>Pinus yunnanensis</i> forest
1 海拔 Altitude (m)	1 837	2 175	2 057	2 208
2 坡向 Slope aspect	北 N	西北 NW	北 N	西南 NS
3 坡度 Graduate (°)	9	25	17	33
4 坡位 Slope position	下 Lower	中 Middle	中下 Mid-Lower	上 Upper
5 乔木层盖度 Coverage of tree layer (%)	—	70	60	50
6 土壤厚度 Soil thickness (cm)	57	72	67	50
7 土壤 pH 值 Soil pH	6.0	6.1	6.0	5.8
8 土壤水分含量 Soil moisture content (%)	47	58	50	35
9 种群平均密度 Mean density (individual·10 ⁻² ·m ⁻²)	5 133	863	2 864	5 108
10 样地数量 No. of plots	4	6	4	6

1.2 数据分析方法

1.2.1 年龄结构图绘制

根据 1.1 中对紫茎泽兰年龄的判别方法, 统计每一个样地内各年龄级紫茎泽兰的总株数, 以年龄级为横坐标, 以同年龄株数 $\cdot 10^{-2} \cdot \text{m}^{-2}$ 为纵坐标绘制年龄结构图。刘伦辉等(1989)按照紫茎泽兰发育阶段将其大致 4 个阶段: 幼年期(1~2 年)、青年期(3~6 年)、成熟期(7~10 年)和衰老期(12~15 年)。据此, 本文将根据每个样地中紫茎泽兰种群划分阶段。

1.2.2 静态生命表和存活曲线

静态生命表是根据某一特定时间, 对种群作一个年龄结构的调查, 并根据其结果编制而成。各年龄段的 n_x 为 x 期开始时的存活数, 由原测定数据给出。

$$x \text{ 到 } x+1 \text{ 的死亡数} \quad d_x = n_x - n_{x+1}$$

$$x \text{ 到 } x+1 \text{ 的死亡率} \quad q_x = d_x/n_x$$

$$x \text{ 到 } x+1 \text{ 期的平均存活数} \quad L_x = (n_x + n_{x+1})/2$$

进入 x 龄期的全部个体在进入 x 期以后的存活个体总年数, 即 $T_x = \sum L_x$

$$\text{如 } T_0 = L_0 + L_1 + L_2 + \dots; \quad T_1 = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$$

$$\text{生命期望} \quad e_x = T_x/n_x$$

具体方法见文献(李博等, 1999)。

以平均寿命的百分比表示年龄 x , 作横坐标, 存活 L_x 的对数作纵坐标, 画成存活曲线图。再根据曲线比较属于那种类型。

1.2.3 种群数量动态的时间序列预测模型

利用生命表进行时间序列预测的计算公式为:

$$m_n = (n_1 + n_2 + \dots + n_n)/n$$

式中: m_n 为所预测的 n 年后的植株数; n_x 为 x 期开始时的存活数(张文辉, 1998)。本文对未来 3

年和 5 年的种群发展趋势进行预测。

2 结果与分析

2.1 不同紫茎泽兰种群的年龄结构

图 1a 是 4 个种群紫茎泽兰 1 年生幼苗的个体数。在 4 种类型的样地中, 1 年生幼苗的平均个体数分别是: 1) 阔叶林 616 个; 2) 阔叶林林缘 2 764 个; 3) 云南松林 4 796 个; 4) 路旁荒地 4 355 个。图 1b~e 分别是阔叶林、阔叶林林缘、云南松林、路边荒地各种群紫茎泽兰年龄结构图。图 1b 为阔叶林中紫茎泽兰种群年龄结构。该阔叶林为常绿次生阔叶林, 主要优势种是樟科石楠属(*Photinia*)、壳斗科石栎属(*Lithocarpus*)、栲属(*Castanopsis*)植物。图 1c 是阔叶林林缘紫茎泽兰种群年龄结构。图 1d 为纯云南松林中紫茎泽兰种群年龄结构。图 1e 是路边荒地紫茎泽兰种群年龄结构。图 1f 为将 4 个类型的紫茎泽兰种群汇总以后的年龄结构图(总和)。从结构图中可以看出, 攀枝花紫茎泽兰种群幼年期(1~2 年)个体数量比重占 92.32%; 青年期(3~6 年)个体数量比重占 6.40%; 成熟期(7~11 年)个体数量比重占 2.20%; 衰老期(12~15 年)个体数量比重占 0.18%, 目前种群仍处于增长阶段。

2.2 紫茎泽兰种群生命表分析

阔叶林、阔叶林林缘、云南松林及路旁荒地 4 种生境紫茎泽兰种群的静态生命表分别见表 2、表 3、表 4 和表 5。从表中可以看出, 4 种生境的紫茎泽兰最大年龄是不同的, 阔叶林中紫茎泽兰的最大年龄是 8 年, 阔叶林林缘为 9 年, 云南松林中为 7 年, 而路旁荒地则为 15 年。说明该 4 种生境紫茎泽兰入侵的先后顺序是: 路旁荒地(15 年)→阔叶林林缘(9 年)→阔叶林(8 年)→云南松林(7 年)。紫茎泽兰在年龄为 1 时有较高的死亡率, 说明其发育初期, 个体

表 2 阔叶林中紫茎泽兰种群生命表

Table 2 The life table of *Eupatorium adenophorum* population in broad-leaved forest

年龄(X) Age	存活数(N_x) Number of survival	存活数标准化(L_x) Standard survival	$\text{LOG}L_x$	死亡数(D_x) Standard death at interval	死亡率(Q_x) Mortality rate	生命期望(E_x) Expecting life
1	616	1 000	3.000	513	0.833	0.901
2	103	167.210	2.223	34	0.330	1.898
3	69	112.010	2.049	21	0.304	1.587
4	48	77.920	1.892	31	0.646	1.063
5	17	27.590	1.441	14	0.824	1.088
6	3	4.870	0.688	-	-	2.833
7	4	6.490	0.812	1	0.250	1.250
8	3	4.870	0.688	3	1.000	0.500

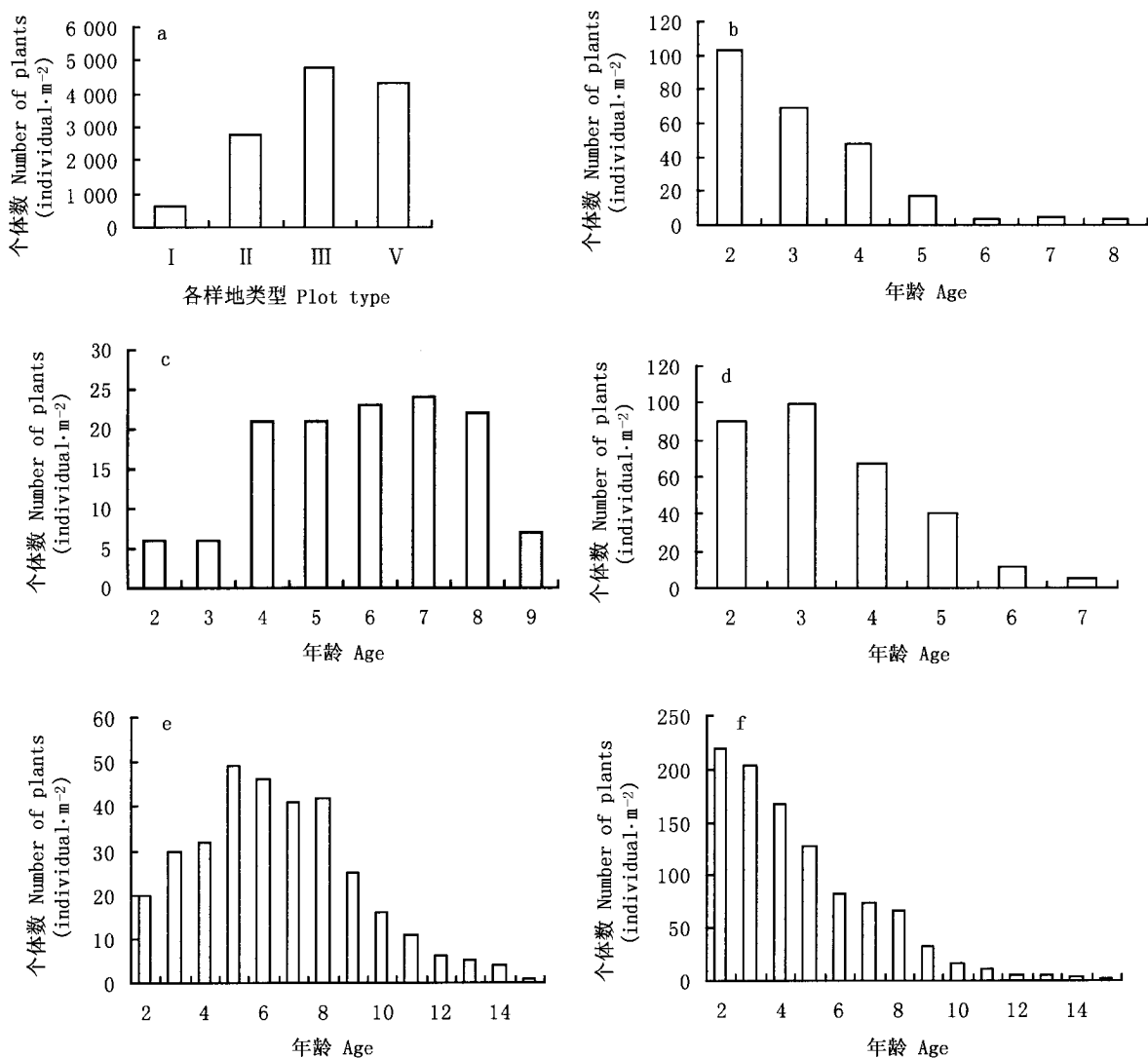


图1 各种群年龄结构

Fig.1 The age structure of different *Eupatorium adenophorum* populations

a. 各样地中一年生紫茎泽兰植株 b. 阔叶林紫茎泽兰种群 c. 阔叶林林缘紫茎泽兰种群 d. 云南松林紫茎泽兰种群 e. 路旁荒地紫茎泽兰种群 f. 各种群(总和) I. 阔叶林一年生紫茎泽兰苗个体总数 II. 阔叶林林缘一年生紫茎泽兰个体总数 III. 云南松林一年生紫茎泽兰个体总数 IV. 路旁荒地一年生紫茎泽兰个体总数 a. One-year-old *Eupatorium adenophorum* plants of different populations b. The populations of *E. adenophorum* in broad-leaved forest c. The population of *E. adenophorum* at the margin of broad-leaved forest d. The population of *E. adenophorum* in *Pinus yunnanensis* forest e. The population of *E. adenophorum* in roadside field f. The total populations I. The total individuals of one-year-old *E. adenophorum* in broad-leaved forest II. The total individuals of one-year-old *E. adenophorum* at the margin of broad-leaved forest III. The total individuals of one-year-old *E. adenophorum* in *Pinus yunnanensis* forest IV. The total individuals of one-year-old *E. adenophorum* in roadside field

数目极其丰富,如在云南松林紫茎泽兰幼苗为 4 796 棵,而 2 年生紫茎泽兰个体数达到 90,死亡率为 98.12%。可见由于种内、种间竞争和群落所在环境条件的作用,从年龄 1 到 2 阶段,个体数目急剧减小。紫茎泽兰是一种竞争型杂草,在生长初期大量繁殖,以在新生境中为自己存活创造机会。这样与其它物种同时迁移到新生境中时,利用自己的高生产力,占据受干扰的场所。虽然它的幼苗的存活率不大,但

只要成为 2 年以上植株,就会稳定下来,继续大量繁殖新植株,泛滥成灾。所以,它在初期是 r-对策选择者,青年期后就是 K-对策选择为主,r-对策选择为辅。

2.3 各种群存活曲线

以 4 种生境中紫茎泽兰种群生命表中的年龄为横坐标,以 $LOGL_x$ 为纵坐标绘制了 4 个种群的存活曲线(图 2)。紫茎泽兰种群的存活曲线基本属于 Deevey III 型。图 2 直观地反映了不同生境中紫茎泽

表 3 阔叶林林缘紫茎泽兰种群生命表
Table 3 The life table of *Eupatorium adenophorum* population in the margin of broad-leaved forest

年龄(X) Age	存活数(N_X) Number of survival	存活数标准化(L_X) Standard survival	$\text{LOG}L_X$	死亡数(D_X) Standard death at interval	死亡率(Q_X) Mortality rate	生命期望(E_X) Expecting life
1	2 764	1 000.000	3.000	2 758	0.998	0.547
2	6	2.171	0.337	0	0	21.170
3	6	2.171	0.337	—	—	20.170
4	21	7.598	0.881	0	0	5.119
5	21	7.598	0.881	—	—	4.119
6	23	8.321	0.92	—	—	2.804
7	24	8.683	0.939	2	0.083	1.708
8	22	7.960	0.901	15	0.682	0.818
9	7	2.533	0.404	7	1.000	0.500

表 4 云南松林紫茎泽兰种群生命表
Table 4 The life table of *Eupatorium adenophorum* population in *Pinus yunnanensis* forest

年龄(X) Age	存活数(N_X) Number of survival	存活数标准化(L_X) Standard survival	$\text{LOG}L_X$	死亡数(D_X) Standard death at interval	死亡率(Q_X) Mortality rate	生命期望(E_X) Expecting life
1	4 796	1 000.000	3.000	4 706	0.981	0.565
2	90	18.766	1.273	—	—	2.967
3	99	20.642	1.315	32	0.323	1.742
4	67	13.970	1.145	27	0.403	1.336
5	40	8.340	0.921	29	0.725	0.900
6	11	2.294	0.361	6	0.546	0.955
7	5	1.043	0.018	5	1.000	438.000

表 5 路旁荒地紫茎泽兰种群生命表
Table 5 The life table of *Eupatorium adenophorum* population in roadside field

年龄(X) Age	存活数(N_X) Number of survival	存活数标准化(L_X) Standard survival	$\text{LOG}L_X$	死亡数(D_X) Standard death at interval	死亡率(Q_X) Mortality rate	生命期望(E_X) Expecting life
1	4 355	1 000.000	3.000	4 335	0.995	0.575
2	20	4.592	0.662	—	—	15.900
3	30	6.889	0.838	—	—	9.767
4	32	7.348	0.866	—	—	8.188
5	49	11.251	1.051	3	0.061	4.520
6	46	10.563	1.024	5	0.109	3.783
7	41	9.415	0.974	—	—	3.183
8	42	9.644	0.984	17	0.405	2.119
9	25	5.741	0.759	9	0.360	2.220
10	16	3.674	0.565	5	0.313	2.188
11	11	2.526	0.402	5	0.455	1.955
12	6	1.378	0.139	1	0.167	2.167
13	5	1.148	0.060	1	0.200	1.500
14	4	0.919	-0.040	3	0.750	0.750
15	1	0.230	-0.640	1	1.000	0.500

兰种群数量动态特征: 1) 在各个种群中, 幼年期个体数量庞大, 老年期数量少, 阔叶林、阔叶林林缘及路旁荒地 3 个种群还正值种群增长的旺盛时期。2) 4 个种群虽然存在环境条件上的差异, 但种群死亡率高峰都出现在 1 年向 2 年过渡期间, 2 年以后各年龄级间的死亡率基本比较稳定。3) 云南松林下灌木和草本植物的物种数量较阔叶林下稀少, 厚厚的松针层可以为紫茎泽兰种子的萌发以及幼苗早期的喜荫性提供了条件, 因此云南松林中紫茎泽兰种群的密度最大; 阔叶林林缘中紫茎泽兰种群由于乔、灌

木层荫蔽度较高, 物种组成较丰富, 天保工程实施后受人为干扰强度相对较小, 因此种群密度小, 由林缘向阔叶林中渐次发展密度逐渐变小, 而路旁荒地受紫茎泽兰入侵的时间最长, 经历了激烈的种内、种间竞争, 种群发展趋于平缓, 种群密度较之初期有所降低。

2.4 4 种生境类型紫茎泽兰种群数量动态的时间序列预测分析

以生命表的内容为原始数据, 按照一次平均推移法计算出攀枝花市仁和区 4 种生境类型种群数量

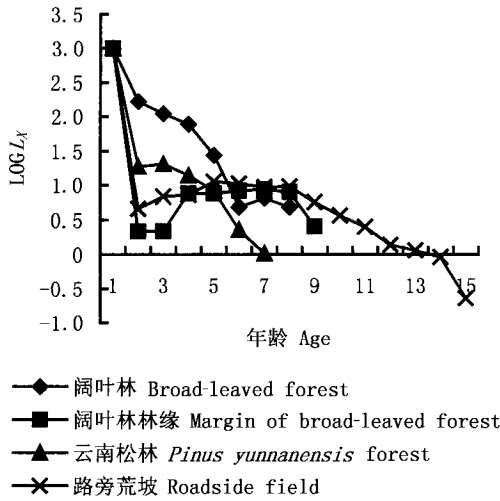


图2 4种生境下紫茎泽兰存活曲线图

Fig.2 Survival curves of different *Eupatorium adenophorum* populations

动态在未来3年、5年的株数,结果见表6~9。从表6~9中可以看出,紫茎泽兰各种群的各年龄株数峰值在预测序列中依次向后推移。依据现有种群中紫茎泽兰个体的数量,在3年以后,在阔叶林紫茎泽兰种群中,青年期比例占97.27%,成熟期比例占2.81%;在阔叶林林缘紫茎泽兰种群中,青年期比例占93.80%,成熟期比例占6.11%;在云南松林紫茎泽兰种群中,青年期比例占99.00%,成熟期比例占1.00%;在路旁荒地紫茎泽兰种群中,青年期比例占88.93%,成熟期比例占9.56%,衰老期比例占1.51%。而在未来5年以后,在阔叶林紫茎泽兰种群中,青年期比例占80.43%,成熟期比例占19.57%;在阔叶林林缘紫茎泽兰种群中,青年期比例占90.53%,成熟期比例占9.47%;在云南松林紫茎泽兰种群中,青年期比例占96.05%,成熟期比例占3.95%;在路旁荒地紫茎泽兰种群中,青年期比例占

表6 阔叶林紫茎泽兰生命预测表

Table 6 Time sequence prediction of quantitative dynamics of *Eupatorium adenophorum* in broad-leaved forest

X	N _X	未来3年的株数(M3)	未来5年的株数(M5)
		No. of plants after three years	No. of plants after five years
1	616		
2	103		
3	69	262.67	
4	48	73.33	
5	17	44.67	170.60
6	3	22.67	48.00
7	4	8.00	28.20
8	3	3.33	25.00

X、N_X: 同表2 See Table 2

表7 阔叶林林缘紫茎泽兰生命预测表

Table 7 Time sequence prediction of quantitative dynamics of *Eupatorium adenophorum* in the margin of broad-leaved forest

X	N _X	未来3年的株数(M3)	未来5年的株数(M5)
		No. of plants after three years	No. of plants after five years
1	2 764		
2	6		
3	6	925.33	
4	21	11.00	
5	21	16.00	563.60
6	23	21.67	15.40
7	24	22.67	19.00
8	22	23.00	22.20
9	7	17.67	19.40

X、N_X: 同表2 See Table 2

表8 云南松林紫茎泽兰生命预测表

Table 8 Time sequence prediction of quantitative dynamics of *Eupatorium adenophorum* in *Pinus yunnanensis* forest

X	N _X	未来3年的株数(M3)	未来5年的株数(M5)
		No. of plants after three years	No. of plants after five years
1	4 796		
2	90		
3	99	1 661.67	
4	67	85.33	
5	40	68.67	1 018.40
6	11	39.33	61.40
7	5	18.67	44.40

X、N_X: 同表2 See Table 2

表9 路旁荒地紫茎泽兰生命预测表

Table 9 Time sequence prediction of quantitative dynamics of *Eupatorium adenophorum* in roadside field

X	N _X	未来3年的株数(M3)	未来5年的株数(M5)
		No. of plants after three years	No. of plants after five years
1	4 355		
2	20		
3	30	1 468.33	
4	32	27.33	
5	49	37.00	897.20
6	46	42.33	35.40
7	41	45.33	39.60
8	42	43.00	42.00
9	25	36.00	40.60
10	16	27.67	34.00
11	11	17.33	27.00
12	6	11.00	20.00
13	5	7.33	12.60
14	4	5.00	8.40
15	1	3.33	5.40

X、N_X: 同表2 See Table 2

80.24%,成熟期比例占15.76%,衰老期比例占3.99%。总体上来说,未来3~5年后,种群仍然是以青年期个体占绝对优势,因而种群的危害将仍然十分严重。

3 讨论

3.1 紫茎泽兰种群基本特征

紫茎泽兰种群结构特征的幼年阶段个体较丰富, 成年阶段数量基本稳定, 表明其幼年阶段的个体向成年阶段的发育是不连续的。幼株生长过程中, 云南松林中的紫茎泽兰在 2 年龄段, 阔叶林林缘的在 3、5 和 6 年龄段, 阔叶林下的在 6 年龄段, 荒坡 2、4 和 7 这几个年龄段, 可能经过某种自然灾害或人为等环境筛选, 导致这些阶段数量较少或缺失, 使计算死亡率和存活率时出现间隔, 少量个体承受住了环境的筛选, 完成了整个种群生活史。种群生态对策从倾向于 r -对策转变为倾向于 K -对策, 说明入侵生物在对不同的新生境入侵的过程中, 并不单纯依赖单一的生态对策, 而是可以通过多种生态对策来实现。

几种生境下的紫茎泽兰存活曲线均为凹线型, 也即 Deevey 划分的存活曲线类型中的 III 型。存活曲线直观地表达了攀枝花 4 种生境下的紫茎泽兰种群的存活过程, 紫茎泽兰幼年期死亡率很大, 第二年后每年的死亡率基本比较恒定。

3.2 紫茎泽兰种群年龄结构及动态的时间序列预测分析

根据紫茎泽兰种群(总和)年龄结构, 种群(总和)个体数量比重分别为: 幼年期占个体总数的 92.32%, 青年期占个体总数的 6.40%, 成熟期占个体总数的 2.20%, 衰老期占个体总数的 0.18%, 目前种群数量主要集中于幼年期。

从 4 种生境类型的紫茎泽兰年龄结构时间序列预测表中可以看出, 紫茎泽兰种群各年龄除个别年龄外, 未来 3 年和 5 年均呈增加势态, 随年龄增加各年龄级株数增幅差异较大, 以云南松林为例, 3 年后青年期个体占种群总数的 98.98%, 成熟期个体占 1.02%; 5 年后青年期个体占 96.05%, 成熟期个体占 3.95%。此前, 有人提出紫茎泽兰是一种过渡性的先锋群落, 任其自然发展也必将被淘汰(刘伦辉等, 1989)。根据本研究结果分析, 至少未来 5 年内, 现在的 4 种生境类型依然是被旺盛生长的青年期群落所占据, 因此会形成极大的危害。

参 考 文 献

Elton CS (1958). *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*.

- Methuen, London, 181.
- Li B (李博), Yang C (杨持), Lin P (林鹏) (1999). *Ecology (生态学)*. Higher Education Press, Beijing, 43. (in Chinese)
- Li ZY (李振宇), Xie Y (解焱) (2002). *Invasive Alien Species in China (中国外来入侵种)*. China Forestry Publishing House, Beijing, 163. (in Chinese)
- Liu LH (刘伦辉), Liu WY (刘文耀), Zheng Z (郑征), Jing GF (荆桂芬) (1989). The characteristic research of autecology ecology of Pamakani (*Eupatorium adenophorum*). *Acta Ecological Sinica (生态学报)*, 5, 1-6. (in Chinese with English abstract)
- Lodge DM (1993a). Biological invasions: lessons for ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 8, 133-137.
- Lodge DM (1993b). Species invasions and deletions: community effects and responses to climate and habitat change. In: Kareiva PM, Kingsolver JG, Huey RB eds. *Biotic Interactions and Global Change*. Sinauer Associates, Sunderland, MA, 367-387.
- Mooney HA, Hobbs RJ (2000). *Invasive Species in a Changing World*. Island Publishing House, Washington, DC, 457.
- Oelrichs PB, Seawright AA, MacLeod JK, Ng JC (1998). *Toxic Plants and Other Natural Toxicants*. CAB International, Wallingford, UK, 271.
- Parker IM, Simberloff D, Lonsdale WM, Goodell K, Wonham M (1999). Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological Invasions*, 1, 3-19.
- Patrabansh S, Madan M (1997). Studies on cultivation, biological efficiency and chemical analysis of *Pleurotus sajor-caju* (FR.) SINGER on different bio-wastes. *Acta Biotechnologica*, 17, 107-122.
- Sala OE, Chapin FS, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J (2000). Global spread of microorganisms by ships. *Nature*, 408, 49-50.
- Simberloff D (1996). Impacts of introduced species in the United States. *Consequences*, 2, 13-222.
- Stein B, Kutner LS, Adams JS (2000). *Precious Heritage: the Status of Biodiversity in the United States*. Oxford University Press, London, 300.
- Vitousek PM, Antonio CMD, Loope LL, Westbrooks R (1996). Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*, 84, 468-478.
- Vitousek PM, Walker LR (1989). Biological invasion by *Myrica faya* in Hawaii: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. *Ecological Monographs*, 59, 247-265.
- Williamson M (1996). *Biological Invasions*. Chapman & Hall, New York, 244.
- Wilcove DS, Rothstein D, Dubow J, Phillips A, Losos E (1998). Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience*, 48, 607-615.
- Zhang WH (张文辉) (1998). *Study on the Population Ecology of Adenophora potanini (裂叶沙参种群生态学研究)*. The Publishing House of Northeast Forestry University, Harbin. (in Chinese)