

泽兰实蝇寄生状况及其对紫茎泽兰生长与生殖的影响

李爱芳^{1,2} 高贤明^{1*} 党伟光^{1,2} 黄荣祥³ 邓祖平³ 唐和春³

(1 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)

(2 中国科学院研究生院,北京 100039) (3 四川省攀枝花市仁和区林业局,四川攀枝花 617061)

摘要 泽兰实蝇(*Procecidochares utilis*)作为天敌控制紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)已经在国内外得到广泛的应用,但关于它对紫茎泽兰控制的有效性和防治现状的研究尚不深入。该文通过对攀西地区紫茎泽兰入侵危害严重的路域生态系统中泽兰实蝇寄生状况的抽样调查,初步研究了泽兰实蝇对紫茎泽兰生长,特别是生殖能力的影响。寄生率的调查采用随机取样法,分别从植株寄生率和枝条寄生率两方面进行,并比较不同生境下及不同年龄植株枝条寄生率的差异,选取相同数量、相同部位的各年龄植株寄生和非寄生枝条(对照),分别调查其花枝量、头状花序数及结实量,进行分析比较。研究结果表明:1)植株寄生率与枝条寄生率有显著差异($p < 0.05$),分别为71.67%和17.30%,前者显著高于后者;样方调查结果,成熟群落中枝条寄生率为17.48枝·m⁻²;1虫瘿·枝条⁻¹的枝条占有寄生枝条的92.30%2)湿润生境下紫茎泽兰的枝条寄生率为20.27%,显著高于干旱生境下的枝条寄生率(9.33%)($p < 0.05$)3)不同年龄植株枝条寄生率有差异,0~1年生植株枝条寄生率分别为36.36%和21.56%,显著高于2~4年生的植株枝条寄生率,分别为13.50%、8.82%和12.16%($p < 0.05$)4)在目前的寄生强度下,泽兰实蝇对紫茎泽兰枝条的直径、花枝量、头状花序数及结实量均无显著影响($p > 0.05$)。

关键词 泽兰实蝇 紫茎泽兰 寄生率 生殖能力 天敌

PARASITISM OF *PROCECIDOCHARES UTILIS* AND ITS EFFECT ON GROWTH AND REPRODUCTION OF *EUPATORIUM ADENOPHORUM*

LI Ai-Fang^{1,2} GAO Xian-Ming^{1*} DANG Wei-Guang^{1,2} HUANG Rong-Xiang³
DENG Zu-Ping³ and TANG He-Chun³

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

(2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

(3 Forestry Bureau of Renhe District, Panzhihua, Sichuan 617061, China)

Abstract Crofton weed gall fly (*Procecidochares utilis*) has been used widely as a natural enemy to control the invasive plant, crofton weed (*Eupatorium adenophorum*), but the effectiveness and mechanisms of crofton weed gall fly in controlling and preventing the weed have not well been studied. In this paper, we surveyed parasitism of gall fly on crofton weed in ecosystems that had been damaged by crofton weed in the western Panzhihua Prefecture, Sichuan Province, Southwest China. We studied the effects of the gall fly on the growth and reproduction of crofton weed by comparing the parasitism rates of individuals and branches with different ages in different habitats. The diameter, quantity of blossom branches, capitula and seeds between parasitized and normal branches also were compared. The results showed that: 1) there were significant differences ($p < 0.05$) in the parasitism rates based on individuals (71.67%) and branches (17.30%). There were, on average, 17.48 parasitized branches per square meter in the adult population; branches with one insect gall accounted for 92.30% of the total parasitized branches. 2) The parasitism rate of branches (20.27%) in the humid habitat was markedly higher than that in the drought habitat ($p < 0.05$). 3) The parasitization rate of branches differed significantly among individuals of different ages. Parasitism rates of seedlings (36.36%) and one-year-old individuals (21.56%) were significantly higher ($p < 0.05$) than older individuals (13.50%, 8.82%, and 12.16% for two-year, three-year, and four-year old individuals). 4) Crofton weed gall fly had no significant effect on the diameter of branches, quantity of blossom branches, capitula or seeds of crofton

weed, suggesting that parasitism of crofton-weed gall fly would not impact the growth and reproduction of crofton weed.

Key words Crofton weed gall fly (*Procecidochares utilis*), Crofton weed (*Eupatorium adenophorum*), Reproduction, Parasitism rate, Natural enemy

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)隶属于菊科泽兰属,多年生丛生型半灌木状草本,原产墨西哥和哥斯达黎加(Auld, 1969, 1970; 刘伦辉等, 1985),现已广泛分布在世界热带、亚热带 30 多个国家和地区。紫茎泽兰大约于 20 世纪 40 年代从中缅边境传入我国云南地区(赵国晶和马云萍, 1989; 强胜, 1998),并迅速蔓延,遍布我国西南大部分地区,现在仍以每年大约 20~60 km 的速度随西南风向东和北传播扩散(向业勋, 1991; 强胜, 1998; 周俗和谢永良, 1999; 达平馥和洪焰泉, 2003; 罗强等, 2004; 周俗等, 2004)。

紫茎泽兰是一种生命力强、生长迅速、繁殖率高又难以清除的恶性杂草(孙劲等, 2003; 杨蓉西, 2003)。紫茎泽兰主要靠种子繁殖,也可进行营养增殖,能迅速成为群落或群落某一层次的优势种群。一旦传入新的生境并定居下来,很快就会后来居上,排挤当地植物而形成大片单优群落,导致入侵地生物多样性丧失,生态系统退化,严重破坏入侵地的生态系统平衡,紫茎泽兰是农、林、牧生产的大敌,对人体健康亦有不良的影响(杨荣喜等, 1996; 达平馥和洪焰泉, 2003)。因此,在 2003 年国家环保总局公布的首批入侵国内的 16 种外来物种名单中,紫茎泽兰位于榜首。作为一种危害严重的外来入侵种,紫茎泽兰已经对我国西南大部分地区的农、林、牧、副业造成重大危害,对其进行防治和有效控制已经势在必行。

自 20 世纪 20 年代以来,先后有美国、澳大利亚、新西兰、印度、尼泊尔等国家开展了紫茎泽兰的防治研究(杨荣喜等, 1996; O'Sullivan, 1985)。目前,我国对紫茎泽兰也已开展了许多研究及防治工作(何大愚等, 1987; 余宇平等, 1988; 孙善芝, 1994)。生物防治是指从外来有害生物的原产地引进食性专一的天敌将有害生物的种群密度控制在生态和经济危害水平之下,生物防治方法的基本原理是依据有害生物-天敌的生态平衡另论,在有害生物的传入地通过引入原产地的天敌因子重新建立有害生物-天敌之间的相互调节、相互制约机制,恢复和保持这种生态平衡,因此生物防治可以取得利用生物多样性保护生物多样性的结果(丁建清和付卫东, 1996),是一种无污染、低成本、不产生抗性、持效期长的防治

方法。生物防治控制外来入侵种最早是基于天敌逃避假说(Enemy release hypothesis, ERH)的原理,该假说认为,一个外来植物物种在被引入到一个新的区域后,其天敌(植食者、病菌等)的压力会减少,从而导致它在数量上增长和空间分布上的扩张(Maron & Vilia, 2001; Keane & Crawley, 2002)。

泽兰实蝇(*Procecidochares utilis*)是紫茎泽兰的专食性天敌昆虫,属双翅目,实蝇科。自 20 世纪 20 年代以来,被一些国家先后用于生物防治来控制紫茎泽兰的危害。我国于 20 世纪 80 年代开始研究泽兰实蝇的生物学特性、安全性测试及繁殖释放,1984 年率先从西藏聂拉木县樟木区将泽兰实蝇引入云南部分地区用于控制紫茎泽兰,之后又被引入四川、贵州等地,用于紫茎泽兰的生物防治(何大愚等, 1987; 张智英等, 1988)。目前已在紫茎泽兰分布各省区形成自然种群(唐川江和周俗, 2003)。其卵产在紫茎泽兰生长点上,孵化后即蛀入幼嫩部分取食,幼虫逐步长大后在其所寄生的茎、侧枝或叶柄处膨大形成虫瘿,化蛹之前幼虫通常在虫瘿处咬出一个或多个仅留有膜状植物表皮的羽化窗,蛹羽化后成虫从羽化窗处顶破膜状表皮飞出(杨光礼和孙元体, 1993)。

天敌引种是一项国际性、牵涉面广的工作,要求安全、快速,在保证天敌成活率的前提下进行科学严格的管理(王韧, 1986; 万方浩和王韧, 1991)。安全试验调查,投放点的主要农作物水稻(*Oryza sativa*)、玉米(*Zea mays*)、烤烟(*Nicotiana tabacum*)、向日葵(*Helianthus annuus*)、青菜等均无泽兰实蝇寄生,说明泽兰实蝇具有专一寄生紫茎泽兰的特性(何大愚等, 1987; 杨光礼和孙元体, 1993)。国内外有许多研究表明,泽兰实蝇能抑止紫茎泽兰的产种子量、萌芽率、分枝数、株高,并能抑止其光合作用及生物量的增加及分配,使节间缩短等(Bess & Haramoto, 1958; Bennett & van Staden, 1986; 何大愚等, 1987; 余宇平等, 1988; 张智英等, 1988; 陈旭东和何大愚, 1990a; 代聪等, 1991; 刘文耀等, 1991; 杨光礼和孙元体, 1993; 陈升碧和关德盛, 1994; 孙善芝, 1994),甚至能导致很高的死亡率(杨光礼和孙元体, 1993)。也有研究表明,在实际防治过程中,泽兰实蝇虽能在一定程度上抑制紫茎泽兰的生长,但由于其基数小,繁殖力

低,其扩散速度远远落后于紫茎泽兰的扩散速度(张智英等,1988;孙劲等,2003),因此很难达到控制的目的。从国内外对泽兰实蝇的研究工作状况来看,在生物防治紫茎泽兰的初期进行的研究较多,而20世纪末至今,相关方面的研究则非常少。目前国内紫茎泽兰防治实践中,对泽兰实蝇防治效果定量的研究很少有报道。此外,前人的研究多是在控制试验的基础上研究泽兰实蝇的防治作用及其机理,其寄生强度也只局限于植株的寄生率(郑征等,1989;陈旭东和何大愚,1990a;代聪等,1991;刘文耀等,1991;陈升碧和关德盛,1994),而对自然状况下泽兰实蝇的防治效果尚缺乏定量的研究。据本研究观察发现,在紫茎泽兰入侵危害地区,泽兰实蝇虽已经得到了有效的扩散,但并没有人们所预期的那样有效地抑止了紫茎泽兰的危害。大约在20世纪70年代,紫茎泽兰开始入侵到攀枝花地区(罗强等,2004)。本实验就上述现象,对攀西紫茎泽兰危害严重的地区泽兰实蝇寄生状况及其对紫茎泽兰的影响进行了初步的调查研究,以期达到以下目的:1)了解泽兰实蝇对不同生境下、不同年龄的紫茎泽兰的寄生状况,了解泽兰实蝇对紫茎泽兰的控制机制;2)种子远距离传播是紫茎泽兰蔓延扩散的主要途径,泽兰实蝇对紫茎泽兰生殖能力的影响如何,是评价泽兰实蝇生物防治的效果及可行性的主要参数,因此,泽兰实蝇的寄生对紫茎泽兰生殖能力的影响程度也是本研究要回答的问题之一。通过本研究结果希望能够对科学评估紫茎泽兰生物防治的有效性提供一定的参考。

1 研究方法

1.1 自然环境及植被概况

研究地点设在四川省攀枝花市仁和区平地镇,位于108国道与云南接壤的地段,地理位置为 $26^{\circ}10'34.2'' \sim 26^{\circ}10'55.2''$ N, $101^{\circ}47'10.6'' \sim 101^{\circ}48'21.4''$ E。由于气流、交通运输工具和道路两旁人为活动频繁等因素,这里是紫茎泽兰危害严重的地区。研究区域主要地貌为山地,山体高度在海拔1500~3000 m之间,属亚热带立体气候,具有冬春多风、夏秋多雨、冬无大寒、夏无大暑、白昼温高、夜间温低、隆冬霜雪颇少、盛夏夜雨偏多的南亚热带半干旱季风气候特点,垂直差异显著;年平均气温 20.4°C ,年积温达 7450°C ,年日照时数达 2745h ,无霜期300 d以上,年降雨量 $760 \sim 1100\text{mm}$ 左右,有明显的干湿季之分,雨季多集中在6~10月,长达

7个月的旱季;平地镇为本区偏干旱的地段(攀枝花市仁和区信息资源网,2003)。

试验样地主要选择在108国道两侧紫茎泽兰入侵严重的路域生态系统及邻近沟谷地和坡地,位于海拔1900~2100 m的紫茎泽兰危害严重的地带。群落以紫茎泽兰占优势,伴生种类主要有马桑(*Coriaria nepalensis*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)、四川冬青(*Ilex szechuanensis*)、山蚂蝗(*Desmodium* spp.)、胡枝子(*Lespedeza* spp.)、地瓜(*Ficus lucidus* var. *hirtus*)、常见栽培树种有桉树(*Eucalyptus* spp.)、喜树(*Camptotheca acuminata*)、台湾相思(*Acacia confusa*)等。紫茎泽兰群落层盖度约90%,其中紫茎泽兰多为1~4年生植株以及萌生苗,伴有少量的当年生小苗。

紫茎泽兰年龄确定方法:由于目前还没有一个比较权威的标准,我们依据以往的研究结果和当地工作人员的经验,并结合实地观察发现,紫茎泽兰每年开花一次,其果实成熟后花枝枯死,当新的生长季节到来时在未枯死枝条顶端侧芽萌发出新枝,植株因此增加一级分枝,如此重复而形成庞大的株丛(孙晓玉等,2005)。根据主干花枝枯死数量以及枝条分级数量,并结合根部生长状况,即可判断植株的年龄。

据我们多年的观察,当地紫茎泽兰开花结实及传播节律为:2月初开始现蕾,2月上中旬始花,3月初开花植株达90%以上,每株上开花约占花蕾总数的20%~35%,少数种子开始成熟(10%左右),3月中下旬达开花盛期;之后花凋谢,种子陆续成熟,至3月底4月初种子大部分成熟;4月中、下旬则为种子传播盛期。花期7~10 d左右,种子成熟后约12 d散落。因此本试验选在3月底4月初,即种子大部分成熟但未散落之前进行。

1.2 泽兰实蝇寄生状况的调查

在平地镇以108国道为中心的路域生态系统中,选取紫茎泽兰生长均匀、旺盛(平均盖度80%以上)的成熟种群,采取随机取样法,选做 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的样方80个,分别调查每个样方泽兰实蝇寄生的枝条量(包括主干及各级分枝)。

采取随机取样法,调查不同生境下(干旱的坡地与湿润水沟旁边)、不同年龄阶段(当年生小苗及1~4年生)的紫茎泽兰植株各30株,分别做5个重复。统计泽兰实蝇寄生的枝条数量、每一植株的枝条总量(包括主干及其分枝)及每一枝条被寄生的虫瘿数量。

1.3 泽兰实蝇对紫茎泽兰开花结实的影响调查

选取相似生境下 1~4 年生紫茎泽兰植株相同部位被寄生的枝条(2~3 级分枝,1 虫瘿)各 50 枝,分别调查其直径、花枝量、花序量、顶生花序种子量以及侧生花序种子量。茎粗的测量以每个分枝寄生虫瘿以上至最底段产生的花枝以下的节间中部位为准,紫茎泽兰为圆锥状伞房花序,花枝的界定以基部有无明显的叶片为准,花序量为整个花枝头状花序的总量,顶生与侧生花序分别指的是着生在分枝顶端与侧生花枝的头状花序,均随机选取 1~2 个统计所产生的种子量。另外,按同样标准选取 1~4 年生植株的非寄生枝条各 50 个,分别测量相应的指标作为对照。

1.4 数据分析

数据分析采用 SPSS 11.5 中的 ANOVA 过程 LSD 多重比较法来完成的。泽兰实蝇寄生率差异比较中,SPSS 模型分别以不同寄生率调查方式、不同生境、不同年龄为自变量,以寄生率为因变量,采用 One-Way ANOVA 过程比较不同调查方式、不同生境寄生率的差异以及 LSD 多重比较法比较不同年龄植株枝条寄生率的差异显著性;泽兰实蝇影响紫茎泽兰生殖及生长能力的方差分析过程中,以寄生与否作为自变量,花枝量、花序量、种子量及枝条直径作为因变量,One-Way ANOVA 过程比较寄生与非寄生枝条生长和生殖能力的差异,绘图采用 SigmaPlot 9.0 完成。

2 结果

2.1 泽兰实蝇植株寄生率与枝条寄生率

紫茎泽兰生长均匀的成熟种群中(3~5 年生),泽兰实蝇平均寄生率为 $17.48 \text{ 枝} \cdot \text{m}^{-2}$,最多可达 $46 \text{ 枝} \cdot \text{m}^{-2}$,最少仅 $1 \text{ 枝} \cdot \text{m}^{-2}$ 。通过调查不同生境、不同年龄的紫茎泽兰植株 300 株,其中被寄生的 215 株,未被寄生的 85 株,植株寄生率达 71.67%;而按寄生枝条率统计结果为:平均每株枝条量 20.65 枝,被寄生枝条量 2.26 枝,枝条平均寄生率 17.30%。两种寄生率差异显著($p < 0.05$)。其中被寄生的枝条中,1 虫瘿的占 92.30%,2 虫瘿的占 6.90%,3 虫瘿的为 0.80%。

2.2 不同生境下泽兰实蝇枝条寄生率差异

湿润生境下植株的枝条寄生率为 $20.27\% \pm 1.93\%$,干旱生境下枝条寄生率为 $9.33\% \pm 1.12\%$,两种生境下紫茎泽兰枝条寄生率有显著差异($p < 0.05$)。湿润生境下每个植株的枝条寄生率显著高

于干旱生境下的枝条寄生率(图 1)。

2.3 不同年龄阶段紫茎泽兰枝条寄生率的差异

不同年龄阶段植株的枝条寄生率有差异。当年生(即 0 年生)植株的枝条寄生率($36.36\% \pm 15.21\%$)与 1 年生无显著差异($p > 0.05$),与其它年龄段均有显著性差异($p < 0.05$);1 年生植株的枝条寄生率($21.56\% \pm 2.66\%$)与 2~4 年生均有显著性差异($p < 0.05$);2 年生植株的枝条寄生率($13.50\% \pm 1.27\%$)与 3、4 年生差异不显著($p > 0.05$);3 年生与 4 年生植株之间的枝条寄生率差异不显著,分别为 $8.82\% \pm 1.21\%$ 和 $12.16\% \pm 4.14\%$ ($p > 0.05$)(图 2)。

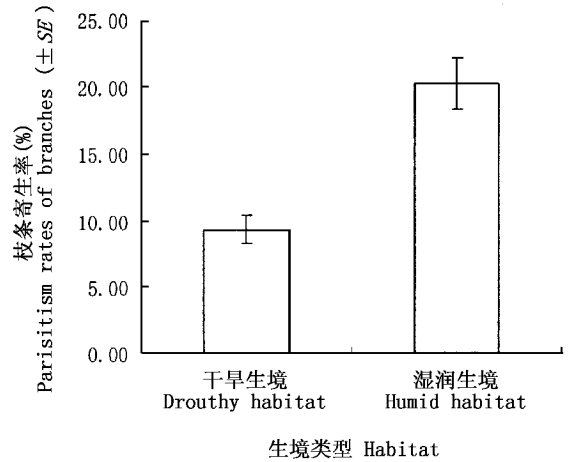


图 1 不同生境下枝条寄生率

Fig.1 The parasitism rates of branches in different habitats

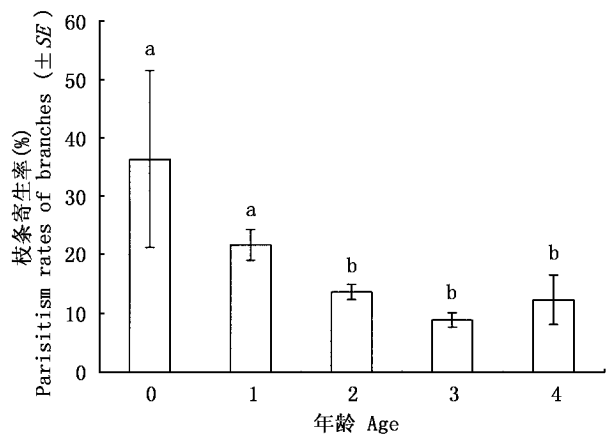


图 2 不同年龄植株的枝条寄生率

Fig.2 The parasitism rates of branches of different ages

字母不同者代表差异显著($p < 0.05$) Different letters represent significant differences among the means ($p < 0.05$) 0:当年生苗 New-born seedling 1:1 年生植株 One-year-old individuals 2:2 年生植株 Two-year-old individuals 3:3 年生植株 Three-year-old individuals 4:4 年生植株 Four-year-old individuals

2.4 泽兰实蝇寄生对紫茎泽兰的影响

寄生对紫茎泽兰开花结实的影响:通过统计泽兰实蝇寄生的枝条与对照非寄生枝条所产生的花枝量、头状花序的总量、头状花序/花枝、侧生与顶生头状花序包含的种子量、平均种子量/头状花序以及枝条总的结实量,进行方差分析,结果显示; p 值分别为0.125、0.437、0.440、0.111、0.718、0.266和0.505,

均大于0.05,即均无显著性差异,即泽兰实蝇的寄生对紫茎泽兰花枝量、花序量、及种子量均没有显著影响(表1)。

泽兰实蝇寄生对紫茎泽兰枝条直径的影响:寄生与非寄生枝条的直径差异不显著($p > 0.05$)(图3)。

表1 寄生对紫茎泽兰花实量的影响

Table 1 The effect of parasitism on the quantity of capitula and seeds of *Eupatorium adenophorum*

调查参数 Investigation parameters	寄生 Parasitized	非寄生 Non-parasitized	Sig.
花枝 Blossom branch	12.12 ± 0.46	13.08 ± 0.42	0.125
头状花序 Capitula	87.35 ± 3.93	83.01 ± 3.97	0.437
头状花序/花枝 Capitula per blossom branch	8.11 ± 0.14	9.02 ± 0.24	0.440
侧生花序种子 Seeds of adnation capitulum	58.05 ± 0.55	59.25 ± 0.51	0.111
顶生花序种子 Seeds of top capitulum	64.06 ± 0.50	64.32 ± 0.50	0.718
平均种子量/头状花序 Mean seeds per capitulum	61.28 ± 0.47	62.01 ± 0.45	0.266
总结实量/枝 Total seeds per branch	5 401.48 ± 254.66	5 163.52 ± 48.91	0.505

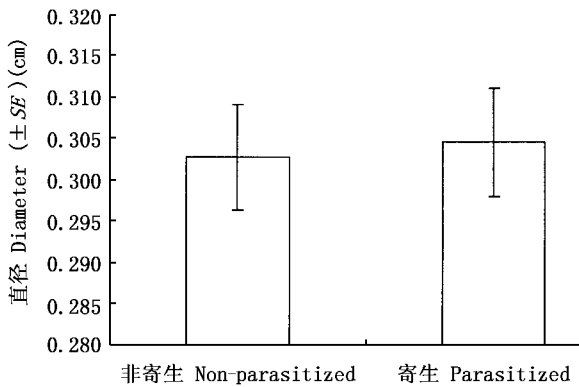


图3 寄生对紫茎泽兰枝条直径的影响

Fig.3 The effect of parasitism on the diameter of branches of *Eupatorium adenophorum*

3 讨论

3.1 泽兰实蝇寄生状况及枝条寄生率的意义

以往对泽兰实蝇寄生率的调查多限于植株的寄生率,通过一定范围内进行一定量泽兰实蝇或寄生枝条的释放等控制试验,调查植株寄生率的变化以研究泽兰实蝇的扩散速度及其对当地紫茎泽兰造成的压力或寄生强度。但考虑到紫茎泽兰生长迅速,基部丛生枝干和分枝量很多,仅考虑植株的寄生率远不能全面并准确的反应泽兰实蝇的寄生状况。本试验通过调查植株寄生率与枝条寄生率,并加以比

较,发现二者数值相差很大,前者为71.67%,而后者仅为17.30%,两者差异显著。对枝条虫瘿数的统计发现一茎多虫瘿,即复合虫瘿(杨光礼和孙元体,1993)现象出现率很低,只有7.70%。而通过不同年龄对寄生率的影响结果分析表明,0~1年生植株的枝条寄生率显著高于2~4年生植株。因此可以推断,随着时间的推移,泽兰实蝇虽然能得到一定程度的扩散,但由于紫茎泽兰的根颈、茎都可进行营养繁殖,且具有较强的增殖生长能力,加上种子产量高,传播能力强(杨蓉西,2003),其扩散速度要远远大于泽兰实蝇的扩散速度。由于两者扩散速度的差异和泽兰实蝇本身存在着寄生能力的限制等原因,导致泽兰实蝇在一定范围内,短时间甚至更长时间内无法达到较大的寄生强度,不能对紫茎泽兰造成有效的压力和胁迫,也就无法达到所预期的防治效果。

不同生境对泽兰实蝇枝条寄生率有一定影响。研究结果表明,湿润生境下泽兰实蝇枝条寄生率显著高于干旱生境下的枝条寄生率。推其原因可能与紫茎泽兰生长、分布规律有关。泽兰实蝇是紫茎泽兰的专一性天敌,有很强的搜寻寄主的能力(陈旭东和何大愚,1990b; Bess & Haramoto, 1958; Auld, 1970; Sankaran, 1973),显然紫茎泽兰的分布和生长状况直接影响到泽兰实蝇的分布情况。紫茎泽兰是喜湿型植物(刘伦辉等,1989),其分布和入侵程度与距水源

远近成显著正相关,虽然其本身也较耐干旱,但在水分充足的条件下长势会更好(孟秀祥等,2003)。通过观察,水分充足条件下,紫茎泽兰生长旺盛,植株高大,茎干幼嫩,而干旱生境下的植株恰恰相反。此结果与泽兰实蝇偏好寄生幼嫩枝条的结果相似(陈旭东和何大愚,1990a)。

3.2 泽兰实蝇寄生对紫茎泽兰生长及生殖能力的影响

种子传播是紫茎泽兰扩散蔓延的主要方式(刘伦辉等,1989),由于其种子产量高,种源丰富,繁殖力强,即使通过一些宏观措施除掉了大面积的紫茎泽兰植株,少量植株母体的存在仍能产生大量种子,通过风力或人为传播,使得其幼苗得以补充,如果紫茎泽兰根茎没有能够彻底清除,也非常容易萌发出生长迅速的丛生个体群,从而极易造成再次入侵危害,给其防治工作带来很大困难。因此,切断紫茎泽兰的种源及传播途径或减少其结实量以减小其种子库,是防治其危害和扩散蔓延的主要战略措施之一。通过对各年龄段紫茎泽兰植株寄生与非寄生枝条直径与开花结实情况的调查分析,结果表明,泽兰实蝇的寄生对紫茎泽兰枝条的直径、花枝量、头状花序数及结实量均无显著影响,即泽兰实蝇作为天敌控制对紫茎泽兰的生长与生殖能力并无有效的抑制作用。这与已往的研究结果有所不同。一方面可能由于泽兰实蝇与紫茎泽兰繁殖、扩散速度的极大差异,导致其很难在短时间内达到较高的寄生强度,从而不能对紫茎泽兰产生一定的压力,不足以抑制紫茎泽兰的生长与结实量;另一方面,可能由于当地的自然条件的限制,使得泽兰实蝇寄生的控制效果没能达到较高的发挥。此外,由于泽兰实蝇只产卵于紫茎泽兰茎顶端一堆未展开的心叶之间,在开花期,适于产卵的枝条甚少,常导致泽兰实蝇种群数量的下降(魏艺等,1989)。

3.3 天敌控制与生物入侵

影响外来物种入侵的因素有外部因素和内部因素。一种流行的观点认为,外来种在新栖息地成功入侵的主要原因是失去天敌的控制(Elton,1958;Dodd,1961),即天敌逃避假说。该假说基于下列3个论点:天敌是植物种群的重要调节者;天敌对本地种比对外来种有更大的抑制作用;植物可以利用天敌调节作用的降低而提高种群的增长(Maron & Vila,2001;Keane & Crawley,2002)。外来种在其原产地通常并不造成较大的危害,就是因为原产地有许多限制因子,将种群密度维持在一定的平衡范围内,而

侵入新的地区后,由于逃脱了限制因子,失去了天敌控制,从而造成大面积蔓延成灾,因此,由原产地引进天敌到入侵地区进行释放,限制外来种的种群增殖以求建立新的平衡,是完全符合生态学原理的(陆庆光,1997)。我国天敌引种试验研究,始于20世纪初,自20世纪70年代末,特别是80年代以来,我国天敌引种工作有了长足进展,其中不乏生物防治外来入侵种有效的例子:引进空心莲子草叶甲(*Agasicles hygrophila*)防治空心莲子草,引进豚草纹叶甲(*Zygogramma suturalis*)防治豚草等(陆庆光,1997;徐汝梅和叶万辉,2003)。但最近的研究表明,很多物种在排除植食天敌后,数量反而下降了,其原因可能是广普性天敌对其竞争者的作用更小(Crawley,1990)。天敌与竞争的复合作用导致了这种结果,并不能确定天敌的直接效应。新区域中寡食性天敌转换寄主来攻击外来种的现象也较为普遍,外来种的专性天敌被引入也较为常见,但大体上它们的作用都不是很大(Keane & Crawley,2002)。生物入侵是一个复杂的过程,缺乏天敌的控制是某些外来种成功的主要原因,而对另一些外来种来说则不尽然,有时即使成功地引入了天敌,也无法控制外来种(徐汝梅和叶万辉,2003)。紫茎泽兰就是一个很好的例子,虽然在西南一些地区成功的引入了其天敌泽兰实蝇,并已建立稳定的种群,但却未能控制其危害和扩散趋势。紫茎泽兰在原产地只是一种很普通的草本植物,可能是那里存在着某种制约其发展的生物因子(夏忠敏和刘昌权,2002),或天敌与紫茎泽兰种群之间存在着某种相互制约的关系,也可能因为原产地与入侵地外部环境等非生物因素的差异。因此,天敌的因素在入侵过程中种的作用远比过去想象的要复杂,尚有待于进一步的深入研究(徐汝梅和叶万辉,2003)。就目前的状况来看,单纯依赖泽兰实蝇作为生物防治手段对紫茎泽兰实行控制方法,很难达到有效控制紫茎泽兰的目标。另外,天敌的引进也应该慎重考虑其引入后的控制效果如何,是否会引起新的入侵危机,以及引进的天敌是否会产生新取食对象或寄主,从而发生破坏生态系统平衡的新灾难。目前有关排除天敌的实验研究,并深入探讨广普性天敌对本地种的作用而导致的竞争逃避问题的研究有待进一步深入开展(Keane & Crawley,2002)。

另外,外来种入侵到新的地区,也可能产生新的天敌。据观察,紫茎泽兰在我国某些地区,也发现了泽兰实蝇以外的取食昆虫以及用于防治紫茎泽兰

的真菌(中国植保资讯网,2005)。天敌的多样性与其寄主的多样性有关,寄主的种类越多,分布范围越广,天敌的多样性就越大(丁建清和付卫东,1996)。就本研究地区来说,根据昆虫取食紫茎泽兰叶片所留下的痕迹——取食状(于晓东等,2001)的不同,可以推断已有多种本地昆虫取食紫茎泽兰,可能能够发展成为紫茎泽兰的本土天敌,值得紫茎泽兰防治工作的重视。因此,可以考虑研究利用本地物种作为入侵种新的天敌,进行生物防治。一方面本地天敌物种的释放与定殖比较容易;另一方面减少了天敌引入的风险性,也有利于维护本地生态系统的生物多样性。

参 考 文 献

- Auld BA (1969). The distribution of *Eupatorium adenophorum* Spreng. on the far north coast of New South Wales. *Journal and Proceedings of Royal Society of New South Wales*, 102, 159 – 161.
- Auld BA (1970). *Eupatorium* weed species in Australia. *Pest Articles and News Summaries*, 16, 82 – 86.
- Bennett PH, van Staden J (1986). Gall formation in crofton weed, *Eupatorium adenophorum* Spreng. (syn. *Ageratina adenophora*), by the *Eupatorium* gall fly *Procecidochares utilis*. Stone (Diptera: Trypetidae). *Australia Journal of Botany*, 34, 473 – 480.
- Bess HA, Haramoto FH (1958). Biological control of pamadani, *Eupatorium adenophorum*, in Hawaii by a taphritid gall fly, *Procecidochares utilis*. 2. Population studies of the weed, the fly and the parasites of the fly. *Ecology*, 40, 244 – 249.
- Chen SB (陈升碧), Guan DS (关德盛) (1994). Biological character observation and biological control of *Procecidochares utilis* Stone. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences* (西南农业学报), 7(4), 98 – 102. (in Chinese with English abstract)
- Chen XD (陈旭东), He DY (何大愚) (1990a). Study on control effect of *Procecidochares utilis* on *Eupatorium adenophorum* and its evaluation. *Journal of Weed Science* (杂草学报), 4(3), 1 – 6. (in Chinese with English abstract)
- Chen XD (陈旭东), He DY (何大愚) (1990b). Study on the strategy of biological control of *Eupatorium adenophorum* by using *Procecidochares utilis*. *Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 1, 315 – 321. (in Chinese with English abstract)
- Crawley MJ (1990). Rabbit grazing, plant competition, and seedling recruitment in acid grassland. *Journal of Applied Ecology*, 27, 803 – 820.
- Crop Integrated Pest Management of China (中国植保资讯网) (2002). The control of *Eupatorium adenophorum* Spreng. <http://www.zhobao.ent/newsview.asp>. Cited 4 Apr 2005. (in Chinese)
- Da PF (达平馥), Hong YQ (洪焰泉) (2003). Damage characteristics of *Imperata cylindrical* and its recent development of research and utilization. *Forest Inventory and Planning* (林业调查规划), 28(1), 95 – 98. (in Chinese with English abstract)
- Dai C (代聪), Wei Y (魏艺), He DY (何大愚) (1991). A study on effect of *Procecidochares utilis* on control of *Eupatorium adenophorum*. *Journal of Weed Science* (杂草学报), 5(1), 24 – 29. (in Chinese with English abstract)
- Ding JQ (丁建清), FU WD (付卫东) (1996). Biological control: using biodiversity to protect biodiversity. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), 4, 222 – 227. (in Chinese with English abstract)
- Dodd AP (1961). Biological control of *Eupatorium adenophorum* in Queensland. *Australian Journal of Science*, 23, 356 – 365.
- Elton CS (1958). *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Methuen and Company, London, UK, 181.
- He DY (何大愚), Liu LH (刘伦辉), Jing GF (荆桂芬), Wei Y (魏艺) (1987). The safety testing of the tephritid gall fly, *Procecidochares utilis* Stone. *Chinese Journal of Biological Control* (生物防治通报), 3, 1 – 3. (in Chinese)
- Information and Resource of Renhe District of Panzhihua (攀枝花市仁和区信息资源网) (2003). The gerternal Situation of Renhe. http://www.pzhrh.gov.cn/_Html/_RenHeSituation.asp. Cited May 2003. (in Chinese)
- Keane RM, Crawley MJ (2002). Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. *Trends in Ecology & Evolution*, 17, 164 – 170.
- 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 pmakani (*Eupatorium adenophorum*). *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 1, 66 – 70. (in Chinese with English abstract)
- Liu LH (刘伦辉), Xie SC (谢寿昌), Zhang JH (张建华) (1985). Studies on the distribution harmfulness and control of *Eupatorium adenophorum* Spreng. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 5, 1 – 6. (in Chinese with English abstract)
- Liu WY (刘文耀), Liu LH (刘伦辉), He AJ (和爱军) (1991). The effect of *Procecidochares utilis* on growth and development, distribution of biomass of *Eupatorium adenophorum*. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 11, 291 – 293. (in Chinese with English abstract)
- Luo Q (罗强), Zhang W (张薇), Li LN (李立娜) (2004). Biological invasion of *Eupatorium adenophorum* Spreng. and its current exploitation. *Journal of Xichang Agricultural College* (西昌农业高等专科学校学报), 11(2), 9 – 11. (in Chinese with English abstract)
- Lu QG (陆庆光). (1997). The importance of classical biological control to biodiversity protection. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), 5, 224 – 230. (in Chinese with English abstract)
- Maron JL, Vila M (2001). When do herbivores affect plant invasion? Evidence for the natural enemies and biotic resistance hypotheses. *Oikos*, 95, 361 – 373.

- Meng XX (孟秀祥), Feng JZ (冯金朝), Zhou YJ (周宜君), Wang FM (王富明), Qumu LG (曲木林古), Zhao CJ (赵昌杰), Zhu YJ (朱印酒), Yang H (杨红) (2003). Ecological factor analyzing of the invasion of crofton weed in southwestern Sichuan Province. *Journal of the Central University for Nationalities* (Natural Science Edition) (中央民族大学学报(自然科学版)), 12, 293–300. (in Chinese with English abstract)
- O'Sullivan BM (1985). Investigations into crofton weed (*Eupatorium adenophorum*) toxicity in horses. *Australian Veterinary Journal*, 62, 30–32.
- Qiang S (强胜) (1998). The history and status of the stuffy on control weed (*Eupatorium adenophorum* Spreng.) a worst world weed. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), 16, 366–372. (in Chinese)
- Sankaran T (1973). Biological control of weed in India. A review of introductions and current in vestigations of natural enemies. In: *The Second International Symposium on Biological Control of Weeds*. Rome, 82–88.
- She YP (余宇平), Liang JS (梁家社), He DY (何大愚) (1988). The evolution of controlling method of *Eupatorium adenophorum*. *Journal of Weed Science* (杂草学报), 2(2), 39–40. (in Chinese with English abstract)
- Sun J (孙劲), Wang HL (王海龙), Wang DH (王甸洪), Xu B (徐彪) (2003). Summarize of controlling of *Eupatorium adenophorum*. *Yunnan Journal of Animal Science and Veterinary Medicine* (云南畜牧兽医), (4), 11–13. (in Chinese)
- Sun SZ (孙善芝) (1994). Preliminary report about biological control of *Eupatorium adenophorum*. *Guizhou Forestry Science and Technology* (贵州林业科技), 22(1), 42–44. (in Chinese)
- Sun XY (孙晓玉), Lu ZH (陆兆华), Yu XJ (于兴军), Sang WG (桑卫国) (2005). Age structure dynamics of *Eupatorium adenophorum* populations and its implications for control. *Acta Phytoecologica Sinica* (植物生态学报), 29, 373–379. (in Chinese with English abstract)
- Tang CJ (唐川江), Zhou S (周俗) (2003). Introduction to the controlling and utilizing of *Eupatorium adenophorum* Spreng. *Journal of Sichuan Grassland* (四川草原), (3), 7–10. (in Chinese with English abstract)
- Wan FH (万方浩), Wang R (王韧) (1991). Achievements of biological weed control in the world and its prospect in China. *Chinese Journal of Biological Control* (生物防治通报), 7, 81–87. (in Chinese)
- Wang R (王韧) (1986). Current status and perspectives of biological weed control in China. *Chinese Journal of Biological Control* (生物防治通报), 2, 173–177. (in Chinese)
- Wei Y (魏艺), Zhang ZY (张智英), He DY (何大愚) (1989). Mass rearing of *Procecidochares utilis*. *Chinese Journal of Biological Control* (生物防治通报), 5, 41–42. (in Chinese)
- Xia ZM (夏忠敏), Liu CQ (刘昌权) (2002). The occurrence, damage and control countermeasures of *Eupatorium adenophorum* Spreng. in Guizhou. *Plant Protection Technology and Extension* (植保技术与推广), 22(12), 34–35. (in Chinese)
- Xiang YX (向业勋) (1991). The distribution, damage and advice on control of *Eupatorium adenophorum* Spreng. *Weed Science* (杂草科学), 4, 10–11. (in Chinese)
- Xu RM (徐汝梅), Ye WH (叶万辉) (2003). *Bioinvasive—Theory and Practice* (生物入侵——理论与实践). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Yang GL (杨光礼), Sun YT (孙元体) (1993). Preliminary study on controlling *Eupatorium coelestinum* L. by using *Procecidochares utilis*. *Guizhou Agricultural Science* (贵州农业科学), 5, 42. (in Chinese)
- Yang RX (杨荣喜), Lei CH (雷彻虹), Ye HG (叶洪刚) (1996). The research report on the distribution and damage of *Eupatorium adenophorum* Spreng. *Panzhuhua Science & Technology* (攀枝花科技), (3), 17–22. (in Chinese)
- Yang RX (杨蓉西) (2003). The badly damaging invasive plant—*Eupatorium adenophorum* Spreng. *Bulletin of Biology* (生物学通报), 38(1), 20–21. (in Chinese)
- Yu XD (于晓东), Zhou HZ (周红章), Luo TH (罗天宏) (2001). Patterns of damage by phytophagous insects on leaves of *Quercus liaotungensis*. *Acta Phytoecologica Sinica* (植物生态学报), 25, 553–560. (in Chinese with English abstract)
- Zhang ZY (张智英), Wei Z (魏芝), He DY (何大愚) (1988). Preliminary study on biological character of *Procecidochares utilis*. *Chinese Journal of Biological Control* (生物防治通报), 4, 1–3. (in Chinese)
- Zhao GJ (赵国晶), Ma YP (马云萍) (1989). Investigation and study on the distribution and damage of *E. adenophorum* in Yunnan Province. *Journal of Weed Science* (杂草学报), 3(2), 37–40. (in Chinese with English abstract)
- Zheng Z (郑征), Tang JW (唐继武), Liu WY (刘文耀), Chen XD (陈旭东) (1989). Study on effect of *Procecidochares utilis* upon growth and photosynthesis of *Eupatorium adenophorum*. *Journal of Weed Science* (杂草学报), 3(2), 21–24. (in Chinese with English abstract)
- Zhou S (周俗), Tang CJ (唐川江), Zhang XY (张新跃) (2004). The damage situation and control countermeasures for *Eupatorium adenophorum* in Sichuan Province. *Pratacultural Science* (草业科学), 21(1), 24–26. (in Chinese with English abstract)
- Zhou S (周俗), Xie YL (谢永良) (1999). Countermeasures and general measures of controlling of *Eupatorium adenophorum*. *Sichuan Animal & Veterinary Science* (四川畜牧兽医), 26(12), 24. (in Chinese)