

飞机草的生防作用物

张黎华^{1,2}, 冯玉龙^{1*}

(1 中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部, 昆明 650223; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

Potential Biological Control Agents of *Chromolaena odorata*

ZHANG Li-hua, FENG Yu-long

(Kunming Division, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese

Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650223, China)

提要: 本文在简述飞机草危害的基础上, 重点介绍了国外三种最具潜力的飞机草生防作用物——香泽兰灯蛾、香泽兰瘿实蝇和安婀珍蝶的研究进展, 并对今后国内飞机草的生物防治研究进行了展望。

关 键 词: 飞机草; 香泽兰灯蛾; 香泽兰瘿实蝇; 安婀珍蝶; 生物防治

中图分类号: S451; S476 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2007)01-0083-06

飞机草[*Chromolaena odorata* (L.) King & Robinson] 属菊科、泽兰族, 又名香泽兰, 是一种在热带和亚热带地区广泛分布的恶性入侵杂草。该草较强的无性和有性繁殖能力, 使其具有极强的入侵扩散能力。由于原产地中南美洲有大量的专一性昆虫取食及病原菌侵染, 飞机草在当地并没有造成危害^[1]。但是在其入侵地区, 由于缺乏这些天敌的控制, 飞机草生长繁茂, 密集成丛, 通常以成片的单优植物群落出现, 能通过遮荫作用排挤本地物种^[2], 严重影响了入侵地区农林牧业生产, 并威胁到本土植物的生长及入侵地区的生物多样性资源, 恶化了环境。在我国西南地区, 尤其是云南省, 飞机草已经对当地宝贵的生物资源构成巨大威胁, 使得大批当地的野生名贵药材失去了生存环境^[3]。因飞机草生物量高, 在我国广东某林场每年对桉树追施的肥料多半被其利用, 从而降低了桉树的生长量, 造成较大的经济损失^[4]。飞机草干枯植株极易燃烧, 成为火灾的隐患, 然而火烧只能毁坏其地上部分, 雨季来临后其根部又可发芽再生, 成为火烧后第一种再生长的优势植株^[5]。飞机草还具有化感作用, 化感化合物主要是黄酮类化合物、生物碱和非蛋白氨基酸。这些化合物通过雨水冲刷叶片、根部渗出、植株腐烂分解等方式释放到环境中, 抑制邻近植物生长^[6]。飞机草叶片和幼芽含有较高的硝酸盐, 会引起人的皮肤过敏, 出现红肿、起泡等症状, 家畜误食后会中毒^[7]。

防治飞机草的方法很多, 如机械除草、化学防治、替代控制等。但这些方法都需要大量的劳动力, 一般费用较高, 且只能实现短期防治, 有时还会影响周围环境^[8]。而生物防治具有行

收稿日期: 2005-11-11

基金项目: 国际科技合作重点项目(2005DFA31090)

作者简介: 张黎华(1982-), 女, 硕士生; * 通讯作者, E-mail: fyl@xtbg.ac.cn。

之有效、控制久远、成本低廉等优点,正确使用不会对环境造成明显的负面影响,是一种可长期控制外来入侵杂草的有效方法^[9]。澳大利亚、南非、印度、印度尼西亚等国家对飞机草生物防治的研究工作已经开展了近40年,自1988年以来,已经召开了六届国际飞机草生物防治和管理会议,飞机草的生物防治取得了一定进展^[10]。本文主要介绍3种最具潜力的飞机草生防作用物香泽兰灯蛾(*Pareuchaetes pseudoinsulata* Rego Barros)、香泽兰瘿实蝇(*Cecidochares connexa* Macquart)和安婀珍蝶(*Actinote antea* Doubleday and Hewitson)及其在飞机草生物防治中的应用,为我国开展飞机草的生物防治工作提供参考。

1 飞机草的生物防治

1966年,CIBC(Commonwealth Institute of Biological Control,现改名为CABI Bioscience)首先发起了飞机草的生物防治计划,在飞机草的原产地进行大规模调查,确认其有200多种节肢动物天敌,其中近1/4对飞机草具有寄主专一性,主要是一些双翅目、鳞翅目的昆虫^[11]。下面将详细介绍目前生物防治飞机草较为有效的天敌昆虫及其应用。

1.1 香泽兰灯蛾

1.1.1 生物学特性及其寄主专一性测试 香泽兰灯蛾属于鳞翅目灯蛾科,是CIBC最早确定的飞机草生防作用物之一。一般在37~59d内完成生活史(平均47d)^[12],随气温而变化,温度越高,生活史越短^[13]。实验室研究表明,在25℃和RH75%条件下,香泽兰灯蛾的雌雄性比为1:1时,其产卵量及孵化率最高^[14]。香泽兰灯蛾生长发育的最适温度是25~28℃^[15];若是高于30℃,成虫寿命、产卵量及孵化率都会明显降低;20℃时,整个生活史延长,但是对产卵及存活没有明显的影响^[13]。

用46科95种植物对香泽兰灯蛾进行了寄主专一性测试,发现其幼虫会轻微取食几种植物叶片,包括莴苣(*Lactuca sativa*)、甘蓝(*Brassica oleracea*)、萝卜(*Raphanus sativus*)、胡麻(*Sesamum indicum*)、番茄(*Lycopersicon esculentum*)等,但可能是由于营养不适应,幼虫取食这些植物后都不能正常发育,证实其对飞机草具有寄主专一性^[13]。

1.1.2 对飞机草的控制作用 香泽兰灯蛾对飞机草的作用受寄主植物生理状况和环境条件,如环境湿度、温度的影响。其幼虫喜好在夜晚取食飞机草叶片或幼芽。叶片被取食后会变黄脱落,黄叶硝态氮含量明显提高^[16],而叶绿素含量和光合速率下降^[17]。幼芽被取食后会干枯,若是飞机草基部丛生出的幼芽持续被取食,则会引起整株死亡^[18,19]。试验表明,未被啃食过的飞机草开花率为88%,而被啃食后降低到21%~26%^[12],从而有效降低了飞机草的竞争能力,有利于恢复入侵地的生物多样性。1994年,在西非加纳地区释放香泽兰灯蛾,1999年的调查表明,该灯蛾的分布面积已经扩散至8万km²;引起该范围内飞机草的平均分布面积由85%下降到40%左右;本地草类及阔叶植物种群都相应地有所增长,每平方米植物种数由原来的3种增加到6种^[20]。

1.1.3 应用概况 1970–1978年,加纳、尼日利亚、印度尼西亚、斯里兰卡及马来西亚等国家分别引种释放,但都没有建立种群。1985年,香泽兰灯蛾被引种释放到西太平洋地区的关岛及其周边岛屿,在野外成功建立种群,并有效地控制了飞机草的生长与蔓延。之后在印度尼西亚、马来西亚、菲律宾、文莱、印度、加纳等许多地区都成功建群^[12,13,18],建群成功率达到了75%^[11]。

由于香泽兰灯蛾在不同地区的建群具有不稳定性,易受病毒侵袭,被寄生蝇寄生和一些蚁类取食^[15]。为利于其成功建群,应该定点大量多次释放幼虫和成虫,使其数量超过被捕食压力^[11]。实践表明,释放已交尾的成虫效果最好^[12],在20~30℃的夜晚释放,有利于其有效定殖建群^[21]。据观测,香泽兰灯蛾在释放地点建群后,以同心圆的方式扩散,风向、寄主密度和夜间光照都有可能对其扩散的方向和密度产生影响^[15]。建群后昆虫种群的动态变化受飞机草的群落分布影响,飞机草种群分布稀疏时会明显减少昆虫数量^[18]。

长期试验结果表明,仅使用香泽兰灯蛾一种天敌昆虫很难完全防治飞机草。如在关岛北部地区,由于香泽兰灯蛾的取食,已经导致飞机草100%落叶,但不久飞机草又有一定程度的再生^[19]。因此,需要同时进行替代控制,并且引入一些以飞机草的根和茎为食的昆虫或是病原体生物来补充其防治作用。

1.2 香泽兰瘿实蝇

1.2.1 生物学特性及寄主专一性测试 香泽兰瘿实蝇属于双翅目实蝇科,完成一个世代的历期为47~75d(平均60d)。成虫只喝水而不取食,其交尾和产卵受日照和温度的限制,雌虫在全光照下较为活跃,产卵的最佳日温在27℃以上^[12,22]。

香泽兰瘿实蝇于1974年在南美洲被发现,但是直到1993年才得到专一性测试,选择了17科55种植物对其成虫进行产卵测试。结果表明,香泽兰瘿实蝇在选择性测试时只选择在飞机草上产卵;而在非选择性测试时,会在其中的藿香蓟(*Ageratum conyzoides*)和*Austroeupatorium inulafolium*两种植物上产卵,但是孵化出的幼虫并不能发育。由此证实其对飞机草具有寄主专一性^[22]。

1.2.2 对飞机草的控制作用 香泽兰瘿实蝇雌虫有一个长的产卵器,可以插到飞机草植株顶端的分生组织或腋芽中,在芽顶端产卵。随着卵的孵化及幼虫的生长发育,茎秆节点通常会发生不正常生长而形成虫瘿,引起飞机草茎秆变形,减缓植株生长,同时还成为一个营养聚集点,减少飞机草开花和结籽^[12]。虫瘿上还会长出叶片,但通常枯死,偶尔在茎秆节间或腋芽也会形成虫瘿但不会长叶。虫瘿大小与虫瘿内的幼虫数量无关,而是随其所处茎秆的分生组织活动能力而变化,长20~30mm,宽8~15mm,通常是位于侧茎秆的虫瘿较主茎的小^[22]。

1.2.3 应用概况 1995年,香泽兰瘿实蝇被印度尼西亚引种释放到苏门答腊岛,5年后定殖建群,可自由扩散至距释放点达200km的地方^[12]。1998~2001年又被释放到印度尼西亚东部各岛屿,大多在4年之内成功建群,并以每年5km的速度扩散^[23]。1999年,菲律宾从印度尼西亚引种,野外释放100对成虫,半年后的调查显示73%的飞机草枝茎有虫瘿,其中有59%的植株死亡^[24]。1999年,帕劳群岛共和国也引种释放到野外,之后很快建群,尤其是在那些幼嫩的飞机草植株上定殖良好。一年后该地46%的飞机草植株上都有虫瘿,平均每株植株有1.34个虫瘿^[25]。2001年,南太平洋岛国巴布亚新几内亚引种释放18个月后,调查显示该昆虫已扩散到7km范围,每株植株上的虫瘿数达20个^[26]。

香泽兰瘿实蝇的定殖及作用效果与生态条件有一定的关系^[27]。在经常性阴天多雾或高海拔地区(>900m)不宜存活(除非高海拔地区温暖且光照强)。干季的长短直接影响到昆虫的年发生代数,昆虫种群增长受可供产卵的飞机草新芽数量影响。在干旱季节,飞机草开花、结籽、衰老时,成熟的幼虫会滞育,在虫瘿内保持前蛹期状态,不会形成羽化“窗口”,直到雨季飞机草开始生长时才化蛹^[22,28]。

香泽兰瘿实蝇在不同地区引种释放的结果表明,其较易在野外建群,即使在分布稀疏的飞机草植株上也容易定殖,尤其是在低海拔($< 300\text{m}$)且干季较短的地区释放 3~5 年,就可以有效防治 $1\sim 50\text{hm}^2$ 面积的飞机草^[20, 23],是一种较好的生防作用物,许多地区都在准备引种。

1.3 安婀珍蝶

1.3.1 生物学特性及寄主专一性 安婀珍蝶属于鳞翅目珍蝶科。其完成一个世代时间因气温而异,通常为 73~102d,随着温度升高而缩短。影响成虫交尾成功率的因素主要是雌雄虫的羽化期能否一致,交尾延续时间和外界温度。当气温达到 30°C 左右时,成虫才活动并交尾,若是交尾时间过短($< 15\text{min}$)会影响到卵的孵化率。雌虫在早晨达到产卵高峰期,一般选择植株顶端的叶片产卵,卵聚集在一起形成卵块,每个卵块中有卵 100~700 个,数量变化很大。小的卵块,由于受精不充分,孵化率仅为 23.6%,而受精充分的大卵块,其孵化率可达 90% 以上。幼虫及成虫都会分泌毒素,防止被取食或寄生^[12, 29, 30]。

印度尼西亚在引种安婀珍蝶时,选择了 22 科 54 种植物进行寄主专一性测试,结果表明,安婀珍蝶幼虫只有取食飞机草和薇甘菊 [*Mikania micrantha* (L.) Kunth] 叶片,才能顺利完成整个世代,说明其对飞机草和薇甘菊具有寄主专一性^[30]。而我国在引种安婀珍蝶时选择了 42 科 86 种植物进行寄主专一性测试,也得到了相同的结论^[31]。

1.3.2 对飞机草的控制作用 安婀珍蝶幼虫专一性取食薇甘菊或飞机草叶片,取食时受温度、湿度及叶片新鲜程度的影响。叶片被取食后,上下表皮剥裂下垂,最后脱落。刚孵化的幼虫吐丝结成一个丝网联结在一起,聚集取食飞机草嫩叶表皮,到 5 龄幼虫时开始分散取食整个叶片^[30]。

1.3.3 应用及存在的问题 1993 年,南非引进安婀珍蝶,在实验室饲养时,因为交尾和产卵发生困难,养至第三代后就不能继代繁殖^[32]。后来有研究表明,入侵南非的飞机草可能源于牙买加、古巴等地^[33],与入侵其他地区的飞机草种系有所不同^[34]。印度尼西亚于 1996 年从中美洲哥斯达黎加引进安婀珍蝶,已经成功繁殖,并建立了一套完善的实验室饲养方法。在印度尼西亚实施野外释放后,安婀珍蝶的定殖和防效还在观察中^[30]。

安婀珍蝶可以用来防治有害杂草飞机草和薇甘菊,其野外建群及种群动态方面的研究还在积极开展,是一种极具潜力的生防作用物。

2 总结及展望

飞机草是一种世界性恶性入侵杂草,其防治十分困难。目前发现的飞机草生防作用物香泽兰灯蛾、香泽兰瘿实蝇和安婀珍蝶,在许多国家和地区引种释放都取得了比较好的防治效果。但是对这几种生防作用物的种群动态及生态学特性方面的基础研究还很不完善,有待进一步深入研究。

因此,要对飞机草进行大规模的生物防治并取得成功,仍需很多工作。今后有关飞机草的生物防治研究应考虑以下几个方面:(1)加强飞机草的生理及生态学特性研究,比较国内外飞机草的生理和生态特性、基因型以及生态分布的差别,以利于具体分析和考察生物防治方法。DNA 分析表明,在我国海南及越南、印度尼西亚等东南亚地区和中西非地区分布的飞机草都是源于南美洲的相同种系(Chenon,私人通讯)。故上述几种生防作用物都应适用于防治入侵我国的飞机草。而利用 ISSR 标记技术对分布在我国不同地区飞机草的遗传多样性进行分析

表明,不同种群飞机草的基因变异水平极低^[35]。因此,只要引种的天敌能够有效防治某一地区的飞机草,就可以直接推广到其他地区。(2)继续在原产地寻找和开发对飞机草具有较强寄生或取食性的天敌昆虫以及其他节肢动物。一般来讲,飞机草的生物防治重点在于寻找能够破坏其叶、茎或根的昆虫。由于飞机草的茎秆具有光合能力,在植株落叶后仍然能够存活并再生长,因此防治飞机草扩散的关键是寻找能够寄生在茎部的昆虫。同时,还要优先考虑使用以飞机草根为食的昆虫,因为这类昆虫可以削弱或杀死飞机草的幼苗。(3)加强生物防治过程中寄生昆虫与寄主专一性和安全性研究,以确保生物天敌在防治目标杂草的同时不会侵害其他植物,不会引发新的生物入侵。虽然在不同国家和地区已经证实上述 3 种生防作用物具有寄主专一性,但是只要引种到一个新的地区,仍然有必要选择一些本地种测试其寄主专一性。(4)注重生防作用物对飞机草的作用强度,即生防作用物的防治效果,慎重地采用多种生物因子协同作用来防治飞机草。香泽兰灯蛾建群后幼虫只喜好取食飞机草绿色叶片,在飞机草密集地区防效明显,而对稀疏分布的飞机草防治效果不好;香泽兰瘿实蝇可补充其作用,同时防治分布稀疏或密集的飞机草^[27]。(5)同时要重视研究寄主专一性生防作用物可能带来的负面效应,这方面的研究较少;已有一些证据表明寄主专一性生防作用物能够通过间接相互作用影响非目的植物的生长,以至整个生态系统失去平衡^[36]。(6)在生物防治飞机草的同时,结合使用替代控制等防治方法,能更好地抑制飞机草再生。在云南南部采用大叶千斤拔(*Flemingia macrophylla*)、多年生落花生(*Arachis pintoi*)及伏生臂形草(*Brachiaria decumbens*) 3 种植物混播防治飞机草,效果良好^[37]。

参 考 文 献

- [1] McFadyen R E. In: Proc Fifth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Pretoria, South Africa: ARG-PPRI, 2002. 13– 18.
- [2] 王满莲, 冯玉龙. 植物生态学报[J], 2005, 29(5): 697– 705.
- [3] 曹勘程, 田宇, 吕平香, 等. 农药市场信息[J], 2003, 19: 9– 11.
- [4] 曹洪麟, 葛学军, 叶万辉. 广东林业科技[J], 2004, 20(2): 57– 59.
- [5] Muniappan R, Marutani M. In: Proc First Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Mangilao, USA: Ag Exp Sta, 1988. 21– 24.
- [6] Ambika S R. Current Science[J], 1980, 49: 874– 875.
- [7] Ambika S R. *Chromolaena odorata* Newsletter[J], 1990, 3: 1– 6.
- [8] McFadyen R E. In: Proc Second Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Bogor, Indonesia: Biotrop, 1991. 1– 9.
- [9] McFadyen R E. Annual Review Entomology[J], 1998, 43: 369– 393.
- [10] *Chromolaena odorata* Biocontrol in the Tropics. <http://www.ahs.cdu.edu.au/chromolaena/index.html> [DB].
- [11] Muniappan R, Bamba J. In: Proc Tenth Int Symposium on Biological Control of Weeds [C]. Montana, USA: Montana State University, 2000. 81– 85.
- [12] Chenon R D, Sipayung A, Sudharto P. In: Proc Fifth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Pretoria, South Africa: ARG-PPRI, 2002. 46– 52.
- [13] Singh S P. In: Proc Fourth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Mangilao, Guam: Ag Exp Sta, 1998. 86– 92.
- [14] Lyla K R, Abraham C C, Joy P J. In: Proc Fourth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Mangilao, Guam: Ag Exp Sta, 1998. 67– 71.
- [15] Joy P J, Lyla K R, Sathesnan N V. *Chromolaena odorata* Newsletter[J], 1993, 7: 1– 3.

- [16] Marutani M, Muniappan R. Ann Appl Biol [J], 1991, 119: 227– 237.
- [17] McConnell J, Marutani M, Muniappan R. In: Proc Second Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Bogor, Indonesia: Biotrop, 1991. 159– 161.
- [18] Muniappan R, Marutani M. In: Proc First Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Mangilao, USA: Ag Exp Sta, 1988. 41– 42.
- [19] Marutani M, Muniappan R. In: Proc Second Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Bogor, Indonesia: Biotrop, 1991. 143– 152.
- [20] Timbilla J A, Brainah H. In: Proc Fifth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Pretoria, South Africa: ARG-PPRI, 2002. 66– 70.
- [21] Visalakshy P N G. In: Proc Fourth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Mangilao, Guam: Ag Exp Sta, 1998. 67– 71.
- [22] McFadyen R E, Chenon D R, Sipayung A. Australian Journal of Entomology [J], 2003, 42: 494– 497.
- [23] Wilson C G, Widayanto E B. In: Proc Sixth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Cairns, Australia: ACIAR, 2004. 39– 44.
- [24] Aterrado E D, Bachiller S J. In: Proc Fifth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Pretoria, South Africa: ARG-PPRI, 2002. 14– 16.
- [25] Esguerra N M. In: Proc Fifth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Pretoria, South Africa: ARG-PPRI, 2002. 148– 151.
- [26] Bofeng I, Donnelly G, Orapa W, et al. In: Proc Sixth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Cairns, Australia: ACIAR, 2004. 14– 16.
- [27] Chenon R D, Sipayung A, Sudharto P. In: Proc Fifth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Pretoria, South Africa: ARG-PPRI, 2002. 152.
- [28] Tjitrosemito S. In: Proc Fifth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Pretoria, South Africa: ARG-PPRI, 2002. 140– 147.
- [29] 李丽英, 彭统序, 刘文惠, 等. 昆虫天敌 [J], 2002, 24(2): 49– 51.
- [30] Chenon R D, Sipayung A, Sudharto P. In: Proc Fifth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Pretoria, South Africa: ARG-PPRI, 2002. 170– 176.
- [31] 李志刚, 韩诗畴, 郭明, 等. 中国生物防治 [J], 2004, 20(3): 170– 173.
- [32] Caldwell P M, Kluge R L. Entomophaga [J], 1993, 38(4): 475– 478.
- [33] Zachariades C, Senger I, Barker N P. In: Proc Sixth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Cairns, Australia: ACIAR, 2004. 23– 26.
- [34] Senger I, Barker N P, Zachariades C. In: Proc Fifth Int Workshop on Bio-Control & Management of *Chromolaena odorata* [C]. Pretoria, South Africa: ARG-PPRI, 2002. 90– 99.
- [35] Ye W H, Mu H P, Cao H L, et al. Weed Research [J], 2004, 44: 129– 135.
- [36] Pearson D E, Callaway R M. Trends in Ecology & Evolution [J], 2003, 18: 456– 601.
- [37] 奎嘉祥, 匡崇义, 和占星, 等. 中国草地 [J], 1997, 5: 55– 58.