

豚草卷蛾和苍耳螟对豚草的联合控制作用

万方浩^{1*}, 马 骏^{1,2}, 郭建英¹, 游兰韶²

(1. 农业部生物防治资源研究与利用重点实验室, 中国农业科学院生物防治研究所, 北京 100081;

2. 湖南农业大学植物保护系, 长沙 410128)

摘要: 豚草卷蛾 *Epiblema strenuana* 是我国引进用于控制豚草 *Ambrosia artemisiifolia* 的重要天敌昆虫, 苍耳螟 *Ostrinia orientalis* 是取食苍耳和豚草的本地种。为了全面评价释放的豚草卷蛾与苍耳螟共存系统中的竞争与控制作用, 作者采用三因子二次正交旋转组合设计的方法, 选用豚草的生育期 (以主茎近基部直径表示)、豚草卷蛾和苍耳螟虫量为参试因子, 分别以豚草的地上部生物量 (鲜重)、种子量和株高作为观测目标, 分析了豚草卷蛾和苍耳螟对豚草的综合控制效应。结果表明, 两种天敌对寄主的生物量、种子量和株高均有明显的抑制作用。各处理组合中, 具有最大控制效果的处理组合及其防效分别为: 当主茎直径为 1.0 cm, 单株分别接入豚草卷蛾和苍耳螟 63 头和 8 头时, 对生物量的控制效果达到 94.3%; 当主茎直径为 1.0 cm, 分别接入豚草卷蛾和苍耳螟 17 头和 8 头时, 对株高的防效为 31.7%; 当接虫主茎直径为 0.7 cm 时, 单株分别接入豚草卷蛾和苍耳螟 40 头和 5 头时, 对种子量的防效达到 99.3%。而当主茎直径达到 2.1 cm 时, 分别接入豚草卷蛾和苍耳螟 40 头和 5 头, 两种天敌对寄主生物量、种子量和株高的防效仅分别为 2.0%、6.1% 和 -2.4%, 抑制效果最低。两种天敌的控制效果随寄主生长和补偿能力的增强而减弱。当寄主处于生长前期 (主茎直径小于 0.7 cm) 时, 两种虫量的作用效应大于植株的补偿作用; 而长成的寄主植物其补偿效应则大于两种天敌的虫量作用。3 种因子间的作用方式相互独立, 两种天敌之间不存在明显的竞争干扰现象, 属于可利用的有效天敌。综合平均效应表明, 寄主的生育期 (补偿能力) 要大于两种虫量的影响, 豚草卷蛾对寄主种子量的影响大于苍耳螟, 而苍耳螟对寄主的生物量和植株高度的影响要大于豚草卷蛾。在两种天敌的应用中, 为了提高防治效果建议及早在豚草的生长前期释放或扩增天敌种群数量。

关键词: 豚草卷蛾; 苍耳螟; 豚草; 生物防治; 控制效果; 风险评价

中图分类号: Q968; S476 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296 (2003) 04-0473-06

Integrated control effects of *Epiblema strenuana* (Lepidoptera: Tortricidae) and *Ostrinia orientalis* (Lepidoptera: Pyralidae) against ragweed, *Ambrosia artemisiifolia* (Compositae)

WAN Fang-Hao^{1*}, MA Jun^{1,2}, GUO Jian-Ying¹, YOU Lan-Shao² (1. Key Laboratory of Bio-control Resource Research & Utilization, Ministry of Agriculture, Institute of Biological Control, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. Department of Plant Protection, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: *Epiblema strenuana* is a gall-inducing lepidopteran that was introduced into China as a biological control agent against ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*. In Linxiang, Hunan Province, *E. strenuana* feeds on two species of host plants, *A. artemisiifolia* and *Xanthium sibiricum*. *Ostrinia orientalis*, an endemic insect that originally fed on *X. sibiricum*, is also a borer of *A. artemisiifolia*. In order to assess the ecological impact of *E. strenuana* where it has been released, especially in locations where it coexists with *O. orientalis* on *A. artemisiifolia*, a factorial design was used to conduct an experiment in a field cage. The results showed that both *E. strenuana* and *O. orientalis* reduced the biomass, seed production and height of the host plant. Biomass was reduced maximally by 94.3% in host plants with a 1.0 cm main stem following inoculation with 63 larvae of *E. strenuana* and 8 larvae of *O. orientalis*. Plant height was reduced maximally by 31.7% when 17 larvae of *E. strenuana* and 8 larvae of *O. orientalis* were inoculated on plants with a stem diameter of 1.0 cm. Seed production was reduced maximally by 99.3% when 40 larvae of *E. strenuana* and 5

基金项目: 国家自然科学基金 (39770510); “十五” 国家攻关课题 (2001BA611B-06) 子课题 “外来入侵物种风险评估和防除技术示范研究” (2001BA611B-06-1-5)

作者简介: 万方浩, 男, 1956 年生, 湖南临澧人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事害虫生防及生物安全评价研究

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: wanfh@cjac.org.cn.

收稿日期 Received: 2002-11-12; 接受日期 Accepted: 2003-04-09

larvae of *O. orientalis* were introduced onto a plant with a 0.7 cm main stem diameter. When 40 larvae of *E. strenuana* and 5 larvae of *O. orientalis* were inoculated on the host plant with a 2.1 cm main stem diameter, biomass and seed production were reduced by 2.0% and 6.1% respectively, but height increased by 2.4%. Control efficiency decreased as the host plant grew because of the increasing capacity for compensatory plant growth. Feeding impact on the biomass, seed production and the height of the host plant, *A. artemisiifolia* exceeded compensatory growth during the early growth of the plant (main stem < 0.7 cm), but the situation was reversed in the oldest plants. The impact of *E. strenuana* on seed production was greater than *O. orientalis*, while the impact of *O. orientalis* on biomass and plant height was greater than *E. strenuana*. Furthermore, when these two insects fed on *A. artemisiifolia* at the same time, their feeding behavior was independent, and no undesired consequences occurred. In order to utilize these two biocontrol agents efficiently, the insects should be introduced onto the target weeds during the early developmental stages of the host plant.

Key words: *Epiblema strenuana*; *Ostrinia orientalis*; *Ambrosia artemisiifolia*; biological control; control efficiency; risk assessment

豚草卷蛾 *Epiblema strenuana* 是控制外来入侵生物—豚草 *Ambrosia artemisiifolia* 和三裂叶豚草 *A. trifida* 的重要生防作用物。我国引进后进行了一些有关寄主专一性、生物学特性、风险评价等研究。1991年在湖南临湘释放后,取得了较好的控制效果(万方浩等,1993)。在湖南,豚草卷蛾仅取食豚草和本地杂草苍耳 *Xanthium sibiricum* (马骏等,2002)。在释放后的扩散与控制效果的跟踪调查中,发现本地天敌昆虫苍耳螟 *Ostrinia orientalis* 亦可取食豚草。为了评价释放的天敌昆虫豚草卷蛾和本地天敌昆虫苍耳螟对豚草的联合控制作用,明确豚草卷蛾对目标杂草的作用强度及控制潜力,以及当与本地天敌共同取食同一寄主时,天敌间的相互影响,2001年在湖南长沙采用三因子二次正交旋转组合设计,定量研究了豚草卷蛾和苍耳螟两种天敌互作体系对豚草的控制作用。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试虫源: 豚草卷蛾采于湖南临湘,以田间自然繁殖的虫源作为供试材料;苍耳螟为田间苍耳上的自然繁殖种群。

1.1.2 笼罩试验: 接虫尼龙纱笼孔径大小为 30 目,白色,高×宽×长=240 cm×80 cm×120 cm。纱笼的一面用尼龙粘胶带粘合,人可出入。实验地设在湖南农业大学教学实验基地内,土壤肥力一般。豚草于 2001 年 4 月 8 日播种,4 月 25 日左右出苗,苗高 7 cm 左右施少量尿素催苗一次。

1.2 试验方法

采用三因子五水平二次正交旋转组合设计,分

别选用豚草和苍耳的生育期(以主茎近基部直径表示)、豚草卷蛾和苍耳螟两种虫量为参试因子,以豚草和苍耳的地上部生物量(鲜重)、种子量和株高作为目标函数。根据 2000 年的田间定期调查的数据,并参照 McFadyen (1992)、万方浩等 (1993)、Navie 等 (1996) 的研究结果,确定两种天敌分别在豚草上的接虫水平,变量设计水平及编码见表 1。5 月 14 日安装纱笼,每笼分 2 排共罩 6 株。罩笼前先清除笼罩植株上的所有昆虫。当植株长到设定的主茎直径时,向笼内植株接入相应的虫量,另留 3 个对照笼在整个生育期不接虫。根据豚草设定的接虫生育期,接虫期分别为 6 月 10 日、6 月 25 日、7 月 9 日、7 月 21 日和 8 月 9 日。接虫虫龄豚草卷蛾为 4 龄,苍耳螟为 3 龄。接虫后两天内清查一次,补接失踪或转移的幼虫。当两种幼虫接入后全部发育至下一代 4 龄以前时,用杀虫剂(安克力)清除所有笼内昆虫。所有笼罩试验植株在其种子成熟时收割测定,至 9 月 18 日全部测定完毕。

表 1 豚草卷蛾和苍耳螟二次回归正交旋转组合设计因子水平编码表

Table 1 Code of experimental factors in rotational quadratic regression of composite design for <i>Epiblema strenuana</i> and <i>Ostrinia orientalis</i>			
因子水平 Level of factor	主茎直径(x_1)(cm) Diameter of main stem	豚草卷蛾(x_2)(头) Number of <i>Epiblema strenuana</i> larvae	苍耳螟(x_3)(头) Number of <i>Ostrinia orientalis</i> larvae
-1.68	0.7	1	0
-1	1.0	17	2
0	1.4	40	5
1	1.8	63	8
1.68	2.1	79	10

2 结果与分析

2.1 不同组合情况下的控制效果

试验结构矩阵及各项测定结果见表 2。经测定,未接虫对照的单株平均生物量、种子量和株高分别为 1.49 kg、1 4806.6 粒和 220.2 cm。各接虫组合处理经与对照比较,两种天敌对寄主植物生物量和种子量的控制效果明显大于株高。依接虫生育期对控制效果而言,当寄主主茎直径水平为 -1 (1.0 cm)、接虫水平均为 1 (豚草卷蛾和苍耳螟分别为 63 头和 8 头) 时,对生物量的控制能力最大,达到 94.3%;当寄主主茎直径为 -1 水平、虫量水平分别为 -1 和 1 (豚草卷蛾 17 头和苍耳螟 8 头) 时,对株高的抑制能力最强,为 31.7%;当主茎直径为 -1.68 水平 (0.7 cm)、接虫水平均为 0 (豚草卷蛾 40 头和苍耳螟 5 头) 时,对种子量的控制能力最高,达到 99.3%;而当生育期水平为 1.68 (2.1 cm)、接虫量均为 0 水平时,两种天敌对寄主生物量、种子量和株高的控制效果均最低,

三者的控制水平仅分别为 2.0%、6.1% 和 -2.4%。各接虫处理组寄主的死亡率:当主茎直径和两种虫量水平均为 1 时,为 33.3%;当主茎直径水平为 -1、两种虫量水平均为 1 时,为 83.3%;当主茎直径和豚草卷蛾虫量水平为 -1、苍耳螟虫量水平为 1 时,为 50%;当主茎直径水平为 -1.68、两种虫量均为 0 水平时,死亡率为 66.7%;当主茎直径和豚草卷蛾为 0 水平、苍耳螟虫量水平为 1.68 时,死亡率为 66.7%,其余各处理的死亡率均为 0。这些死亡株主要与寄主的生育期较早和苍耳螟的虫量水平较高有关。根据观察,当豚草在营养生长前期时,苍耳螟钻蛀主茎可使整个植株死亡,而当寄主主茎直径达到 1.0 cm 以上时,苍耳螟常常只能引起豚草的部分枝条死亡。豚草卷蛾除了取食豚草幼苗可使植株死亡外,一般情况下很少能使寄主死亡,即使高虫量水平的单独取食时亦如此,进而表明,在一定的虫量水平下,若以生物量和种子量作为控制目标,在豚草的生长前期释放天敌最为适宜。

表 2 豚草卷蛾和苍耳螟联合控制豚草三因子二次正交旋转组合试验的数据结构矩阵

因子及其水平设置 (x ₁)			生物量/植株		种子产量/植株		株高	
Factors and levels			Biomass/plant (y ₁)		Seeds/plant (y ₂)		Plant height (y ₃)	
x ₁	x ₂	x ₃	kg	Reduced (%)	Number	Reduced (%)	cm	Reduced (%)
1 (1.8)	1 (63)	1 (8)	0.51	65.8	5 038.5	65.9	185.6	15.7
1 (1.8)	1 (63)	-1 (2)	0.83	44.3	7 425.6	49.8	192.5	12.6
1 (1.8)	-1 (17)	1 (8)	0.98	34.2	8 437.7	43.0	196.3	10.9
1 (1.8)	-1 (17)	-1 (2)	1.25	16.1	11 875.6	19.7	208.5	5.3
-1 (1.0)	1 (63)	1 (8)	0.09	94.3	322.1	97.8	164.7	25.2
-1 (1.0)	1 (63)	-1 (2)	0.49	67.1	5 423.2	63.3	173.4	21.3
-1 (1.0)	-1 (17)	1 (8)	0.31	79.2	1 416.4	90.4	150.4	31.7
-1 (1.0)	-1 (17)	-1 (2)	0.64	57.0	5 315.2	64.1	184.1	16.4
-1.68 (0.7)	0 (40)	0 (5)	0.18	87.9	110.3	99.3	162.3	26.3
1.68 (2.1)	0 (40)	0 (5)	1.46	2.0	13 887.6	6.1	225.5	-2.4
0 (1.4)	-1.68 (1.0)	0 (5)	0.69	53.7	5 864.4	60.4	193.3	12.2
0 (1.4)	1.68 (79)	0 (5)	0.38	74.5	1 975.6	86.6	152.0	31.0
0 (1.4)	0 (40)	-1.68 (0)	0.79	47.0	5 824.3	60.6	184.6	16.2
0 (1.4)	0 (40)	1.68 (10)	0.22	85.2	487.2	96.7	160.4	27.2
0 (1.4)*	0 (40)	0 (5)	0.58	61.0	5 763.2	61.1	176.0	20.1
对照 CK			1.49		14 806.6		220.2	

x₁: 寄主主茎的直径 Diameter of main stem of host plant (cm); x₂: 接种豚草卷蛾幼虫的数量 Number of *E. strenuana* larvae introduced; x₃: 接种苍耳螟幼虫的数量 Number of *O. orientalis* larvae introduced.

* 此行数据因为 9 组数据的 x₁、x₂、x₃ 值相同故为平均值 Average of nine groups of data.

2.2 豚草测定结果及回归模型的组建

经计算机运算分别求得以生物量、种子量和株高为目标函数的二次回归模型。

(1) 生物量回归模型:

$$y_1 = 0.58 + 0.31 x_1 - 0.13 x_2 - 0.17 x_3 + 0.09 x_1^2 - 0.01 x_2^2 - 0.02 x_3^2 - 0.06 x_1 x_2 + 0.02 x_1 x_3 - 0.02 x_2 x_3$$

其中, y_1 为寄主生物量, x_1 为寄主主茎的直径, x_2 为豚草卷蛾幼虫的数量, x_3 为苍耳螟幼虫的数量。

该模型经方差分析, 达到极显著水平 ($F_1 = 18.48$, $P < 0.01$), 失拟性在 0.1 水平上不显著 ($F_2 = 1.13$, $P > 0.1$), 说明二次回归模型在设定的水平范围内拟合效果较好, 能反映实际情况, 为有效模型。模型各回归系数项经方差分析, 在 $\alpha = 0.10$ 显著水平上剔除不显著项后, 得到简化回归方程:

$$y_1 = 0.58 + 0.31x_1 - 0.13x_2 - 0.17x_3 + 0.09x_1^2$$

从而表明生育期、豚草卷蛾和苍耳螟的接虫量对豚草的生物量均具有显著影响, 根据其系数的正负符号, 说明豚草对虫害具有较强的补偿作用, 补偿能力随生育期的延后而增强, 两种接虫量对生物量均有明显的抑制作用。

(2) 种子量回归模型:

$$y_2 = 5\,740.98 + 3\,183.10x_1 - 1\,125.86x_2 - 1\,742.77x_3 + 650.54 x_1^2 - 438.04x_2^2 - 708.24x_3^2 - 857.86x_1x_2 + 396.86x_1x_3 - 18.94x_2x_3$$

其中 y_2 为种子量。

种子量回归模型经方差分析表明, 该模型为有效模型 ($F_1 = 12.25$, $P < 0.01$; 失拟性: $F_2 = 1.42$, $P > 0.1$), 与实际情况具有较好的拟合效果。对回归模型各回归系数项显著性作 F 测验, 表明寄主生育期和两种天敌的虫量对种子量均具有明显的影响, 其中生育期为正, 虫量为负。剔除 $\alpha = 0.10$ 水平上不显著项后可得到如下简化模型:

$$y_2 = 5\,740.97 + 3\,183.09x_1 - 1\,125.85x_2 - 1\,742.77x_3 + 650.53x_1^2 - 708.23x_3^2$$

在该简化模型中, 豚草的生育期和苍耳螟虫量两种因子的二次项均达到了显著水平。

(3) 植株高度回归模型:

$$y_3 = 175.98 + 15.86x_1 - 6.78x_2 - 7.48x_3 + 6.74x_1^2 - 0.77x_2^2 - 0.82x_3^2 - 3.79x_1x_2 + 2.91x_1x_3 +$$

3.79 x_2x_3

其中 y_3 为植株高度。

模型经方差分析, 同样具有较好的拟合效果 ($F_1 = 5.21$, $P < 0.01$; 失拟性: $F_2 = 0.59$, $P > 0.1$), 为有效模型。各回归系数项经方差分析, 所有一次项的显著性均在 0.05 水平以上, 其中生育期达到极显著水平 ($\alpha = 0.01$)。二次项中的生育期在 0.05 水平上显著, 表明生育期和两种天敌的虫量对植株高度均具有明显的影响效果。剔除 0.10 水平下不显著项后, 得到简化回归模型:

$$y_3 = 175.97 + 15.85x_1 - 6.77x_2 - 7.48x_3 + 6.74x_1^2$$

分析结果表明, 在以上三个简化模型中, 两种天敌的互作项均未达到规定的显著水平, 说明二者同时取食豚草时不存在明显的竞争干扰现象。

(4) 回归模型因子的效应分析

(1) 生物量回归模型

采用综合评价法分析因子主效应, 首先分别固定 2 个自变量为零水平, 即可得到如下偏解析子模型:

$$\hat{y}_{1,1} = 0.58 + 0.31x_1 + 0.09x_1^2$$

$$\hat{y}_{1,2} = 0.58 - 0.13x_2 - 0.01x_2^2$$

$$\hat{y}_{1,3} = 0.58 - 0.17x_3 - 0.02x_3^2$$

生物量回归模型因子效应分析表明, 由于二次正交旋转组合设计, 将因变量对自变量的回归转化成因变量对因子编码空间坐标轴 x 上编码值的回归, 已经消除了自变量量纲及自变量取值的影响, 回归系数也已标准化, 因此可通过各因子在不同水平下的表现, 直接比较各因子的相对重要性。根据偏回归解析子模型求得不同水平条件下各因子试验的理论值, 从不同因子水平的效应看, 当各因子处于零水平以下时, 天敌的影响作用大于生育期; 当因子高于零水平时, 生育期的影响作用大于天敌, 作用方式以生育期为正, 苍耳螟和豚草卷蛾为负。各因子的总体平均效应为: 生育期 > 苍耳螟 = 豚草卷蛾。

(2) 种子量回归模型

采用综合评价法分析因子主效应, 得到如下偏解析子模型:

$$\hat{y}_{2,1} = 5\,740.98 + 3\,183.10x_1 + 650.54x_1^2$$

$$\hat{y}_{2,2} = 5\,740.98 - 1\,125.86x_2 - 438.03x_2^2$$

$$\hat{y}_{2,3} = 5\,740.98 - 1\,742.77x_3 - 708.24x_3^2$$

种子量回归模型中各因子的相对重要性同样依

不同水平条件而异。当各因子处在零水平以下时, 其效应贡献大小为豚草卷蛾 > 苍耳螟 > 生育期; 当处在零水平以上时, 生育期 > 豚草卷蛾 > 苍耳螟。从总体平均变幅值看, 表现顺序为生育期 > 豚草卷蛾 > 苍耳螟, 其中生育期效应为正, 苍耳螟和豚草卷蛾为负。

(3) 植株高度回归模型

采用上述综合评价法分析因子主效应, 得到如下偏解析子模型:

$$\hat{y}_{3,1} = 175.98 + 15.86x_1 + 6.74x_1^2$$

$$\hat{y}_{3,2} = 175.98 - 6.78x_2 - 0.77x_2^2$$

$$\hat{y}_{3,3} = 175.98 - 7.48x_3 - 0.82x_3^2$$

根据偏回归解析子模型, 求得不同水平下各因子作用下株高的理论值, 三种因子相对重要性表现为: 当处在零水平以下时, 效应贡献大小为苍耳螟 > 豚草卷蛾 > 生育期; 当处在零水平以上时, 生育期 > 豚草卷蛾 > 苍耳螟。从总体平均效应看, 表现次序为: 生育期 > 豚草卷蛾 = 苍耳螟, 其中生育期效应为正, 苍耳螟和豚草卷蛾的效应为负。

3 讨论

本研究通过三因子五水平二次正交旋转组合设计, 定量地测定了豚草卷蛾和苍耳螟对豚草的联合控制作用。结果表明, 两种天敌对寄主植株的生物量、种子量和植株高度均有明显的抑制作用, 种间没有明显的竞争干扰现象, 属可利用的有效天敌。

豚草卷蛾对豚草的控制作用与其对银胶菊 *Parthenium hysterophorus* 的作用效果 (Navie *et al.*, 1998; Dhileepan, 2001; Dhileepan and McFadyen, 2001) 相似, 在一定虫量水平下对寄主生物量、种子量和株高具有明显的抑制作用, 尤其对生物量和种子量的影响更为明显。两种天敌对豚草的控制效应随着寄主植株——豚草和苍耳的生长而减弱, 生育期越早作用效果越明显。在豚草的生长早期, 特别是主茎直径在 0.7 cm (– 1.68 水平) 以下时, 即使低水平虫量也可明显地降低生物量。根据田间观察, 豚草在生长前期对虫害十分敏感, 即使少量幼虫也可使其生长严重受阻, 甚至死亡, 尤其在苗期 (主茎直径 0.1 ~ 0.2 cm), 单株豚草卷蛾虫量一般不超过 2 头, 但受害株会因此大量死亡。豚草的耐害能力随植株的生长而增强, 对于主茎直径超过 0.7 cm 的植株, 一般自然发生的虫量水平难以致

死植株, 虫害的作用主要是降低植株的生活力并促其衰老。当豚草处于生长后期时, 如豚草或苍耳的主茎直径分别达到 1.4 cm 或 1.3 cm 以上时, 由于植株的补偿和耐害能力的明显增强, 即使虫量水平较高, 但由于植株的补偿作用而使两种天敌对寄主的控制能力十分有限。因此, 在两种天敌利用过程中, 为了提高其控制效果, 必须要在豚草生长前期释放或助增足够的天敌数量。

由于豚草卷蛾和豚草已经经过了高度的协同进化, 对寄主的致死和生物量的抑制作用不如苍耳螟, 但对种子量的影响要大于苍耳螟。原因在于豚草的枝芽是从叶腋处长出, 而豚草卷蛾总是从枝的叶腋或生长点蛀入后形成虫瘿, 取食其中的薄壁组织 (Raman and Dhileepan, 1999), 除了损耗植株营养外, 还破坏了新枝发生部位, 可有效地抑制新枝的发生, 从而减少种子量。苍耳螟幼虫一般不从叶腋处蛀入, 而是降低被取食枝的生活力或使其死亡, 但对豚草新枝或种穗发生数量的控制影响不如豚草卷蛾明显。结果也表明, 豚草卷蛾和苍耳螟均可明显抑制豚草的生长高度。根据观察, 在田间正常条件下, 豚草未受害或受害轻的植株一般可长到 2.0 m 以上, 若苗期受害较重, 植株一般只能长到 1.0 m 左右。

需要注意的是, 在人工接虫条件下, 虽然苍耳螟同样对豚草具有理想的控制效果, 但是在自然条件下由于苍耳螟主要选择苍耳作为取食寄主, 加上可供其选择的寄主范围比豚草卷蛾要大得多等原因, 因此, 苍耳螟对豚草的实际防治效果要比豚草卷蛾低得多, 也进一步表明两种天敌存在的种间竞争干扰可能性很小。

参 考 文 献 (References)

- Dhileepan K, 2001. Effectiveness of introduced biocontrol insects on the weed *Parthenium hysterophorus* (Asteraceae) in Australia. *Bull. Entomol. Res.*, 91 (3): 167–176.
- Dhileepan K, McFadyen R E, 2001. Effects of gall damage by the introduced biocontrol agent *Epiblema strenuana* (Lepidoptera: Tortricidae) on the weed *Parthenium hysterophorus* (Asteraceae). *J. Appl. Entomol.*, 125 (1): 1–8.
- Ma J, Wan F H, Guo J Y, You L S, Lu D Y, 2002. Risk analysis of host specificity for *Epiblema strenuana* (Lepidoptera: Tortricidae), a biocontrol agent against ragweed, *Ambrosia artemisiifolia* (Compositae). *Acta Ecol. Sin.*, 22 (10): 1 710–1 717. [马骏, 万方浩, 郭建英, 游兰韶, 卢德勇, 2002. 豚草卷蛾寄主专一性风险评价. 生态学报, 22 (10): 1 710–1 717]
- McFadyen R E, 1992. Biological control against *Parthenium* weed in Australia.

- lia. *Crop Prot.*, (11): 400–407.
- Navie S C, McFadyen R E, Panetta F D, 1996. The biology of Australian weeds: *Parthenium hysterophorus* L. *Plant Prot. Quarterly*, 11 (2): 76–88.
- Navie S C, Priest T E, McFadyen R E, Adkins S W, 1998. Efficacy of the stem galling moth *Epiblema strenuana* Walk. (Lepidoptera: Tortricidae) as a biological control agent for ragweed *Parthenium* (*Parthenium hysterophorus* L.). *Biological Control*, 13 (1): 1–8.
- Raman A, Dhileepan K, 1999. Qualitative evaluation of damage by *Epiblema strenuana* (Lepidoptera: Tortricidae) to the weed *Parthenium hysterophorus* (Asteraceae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 92 (5): 717–723.
- Wan F H, Guan G Q, Wang R, 1993. Ragweed and its integrated management in China. Beijing: China Sciences and Technology Press. 221–226. [万方浩, 关广清, 王韧, 1993. 豚草及豚草综合治理. 北京: 中国科学技术出版社. 221–226]