

# 空心莲子草叶甲对空心莲子草 控制效果的定量评价

刘雨芳<sup>1</sup>, 苏文杰<sup>1</sup>, 曾强国<sup>1</sup>, 李 菲<sup>1</sup>, 彭梅芳<sup>1</sup>,  
彭佳星<sup>1</sup>, 刘文海<sup>1</sup>, 万方浩<sup>2,\*</sup>

(1. 湖南科技大学生命科学学院, 湖南湘潭 411201;

2. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100081)

**摘要:** 为了解空心莲子草叶甲 *Agasicles hygrophila* 被引入中国 20 多年后其取食行为与取食能力是否发生改变, 我们通过采集叶甲自然种群的成虫, 在室内用空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* 饲养获得检测用叶甲各虫态与虫量进行室内定量检测, 研究了空心莲子草叶甲自然种群各龄幼虫与成虫在不同密度下对空心莲子草的控害效果。结果显示: 1 龄幼虫喜食顶芽嫩叶, 在每株接 0.2 和 1 头 1 龄幼虫密度下, 空心莲子草仍有新叶和侧芽生成, 生物量、株高与茎节数仍在增加; 在 5 头/株的密度下, 空心莲子草的生物量、叶片数和侧芽数均出现负增长; 在 10 头/株的密度下, 草的生物量、株高、叶片数、侧芽数和茎节数均表现为负增长。2 龄幼虫优先取食顶芽嫩叶, 也取食老叶与茎秆, 在每株 10 头 2 龄幼虫的密度下, 接虫 7 d 后, 40% 的植株死亡。3 龄幼虫取食叶片与茎秆, 后期钻入茎秆中化蛹, 在 10 头/株密度下, 7 d 后, 已引起 52% 的植株死亡, 存活株的茎节数显著减少。成虫可 24 h 连续取食植株的任何组织, 0.2 头/株的密度下, 空心莲子草叶片与侧芽数量已呈现负增长; 5 头/株的密度下, 空心莲子草的生物量、株高、叶片数、侧芽数与茎节数均呈现较大的负增长; 10 头/株的控草效果更加显著。

**关键词:** 空心莲子草叶甲; 空心莲子草; 控草效果; 定量检测; 天敌评价

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2011)11-1305-07

## Quantitative evaluation of the controlling effects of *Agasicles hygrophila* (Coleoptera: Chrysomelidae) on alligator weed (*Alternanthera philoxeroides*)

LIU Yu-Fang<sup>1</sup>, SU Wen-Jie<sup>1</sup>, ZENG Qiang-Guo<sup>1</sup>, LI Fei<sup>1</sup>, PENG Mei-Fang<sup>1</sup>, PENG Jia-Xing<sup>1</sup>, LIU Wen-Hai<sup>1</sup>, WAN Fang-Hao<sup>2,\*</sup> (1. College of Life Sciences, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411201, China; 2. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** To understand if the feeding behavior and capacity of *Agasicles hygrophila* changed after the insect has been introduced to China for more than 20 years, the controlling effects of all stages (larvae and adults) at different infestation densities on alligator weed, *Alternanthera philoxeroides*, were quantitatively detected in the laboratory, and in the detection tests the experimental larvae and adults were obtained from adults collected in fields and reared with *A. philoxeroides*. The results showed that the 1st instar larvae of *A. hygrophila* preferred to feed the top buds and tender leaves. *A. philoxeroides* plants still produced new leaves and axillary buds, and its biomass, plant height and number of stem nodes increased at the infestation densities of both 0.2 and 1 1st instar larvae of *A. hygrophila* per plant. The biomass, numbers of leaves and axillary buds exhibited negative growth at the infestation density of 5 1st instar larvae of *A. hygrophila* per plant. All measured parameters including biomass, plant height, and the numbers of leaves, stem nodes and axillary buds exhibited negative growth at the infestation densities of 10 1st instar larvae of *A. hygrophila* per plant. The 2nd instar larvae of *A. hygrophila* preferred to feed on the top bud and tender leaves and also fed on tough foliages and stems. Forty percent of experimental

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD08A18); 国家自然科学基金项目(30871638); 湖南省高等学校科学研究重点项目(11A035); 湖南省农业支撑计划一般项目(2011NK3082); 湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目(湘教通[2010]244号)

作者简介: 刘雨芳, 女, 1964年生, 博士, 教授, 主要从事生态学、入侵生物学与生物安全评价研究, E-mail: yurainliu@yahoo.com.cn

\* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: wanfangh@public3.bta.net.cn

收稿日期 Received: 2011-06-10; 接受日期 Accepted: 2011-09-19

*A. philoxeroides* plants died at 7 d after infestation at the density of 10 2nd instar larvae of *A. hygrophila* per plant. The 3rd instar larvae fed both leaves and stems, and then pupated in the stems at the later stage. Fifty-two percent of experimental *A. philoxeroides* plants died at 7 d after infestation at the density of 10 3rd instar larvae per plant, and the number of stem nodes of surviving plants markedly decreased. The adults could continuously eat any tissues of the weed for 24 h. At the infestation density of 0.2 adults per plant, the numbers of leaves and axillary buds of the experimental plants revealed negative growth. At the infestation density of 5 adults per plant, the biomass, plant height, and the numbers of leaves, stem nodes and axillary buds of the experimental plants exhibited remarkably negative growth. *A. hygrophila* at the infestation density of 10 adults per plant had a better controlling effect on the alligator weed than that at the infestation density of 5 adults per plant.

**Key words:** *Agasicles hygrophila*; *Alternanthera philoxeroides*; controlling effect; quantitative detection; natural enemy evaluation

空心莲子草叶甲 *Agasicles hygrophila* 是全球恶性杂草空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* (Julien *et al.*, 1995; Sainty *et al.*, 1998; Cabrera *et al.*, 2005) 的专性天敌(王韧等, 1988; 吴珍泉等, 1994; 刘雨芳等, 2009)。20 世纪 60 年代, 美国利用它防治空心莲子草取得成功 (Julien *et al.*, 1995)。作为空心莲子草生物防治因子, 后被广泛地引入到新西兰 (Stewart *et al.*, 1999) 和澳大利亚 (Sainty *et al.*, 1998) 等世界各地的许多国家 (Jäch and Balke, 2008), 1986–1987 年从美国佛罗里达分批引入中国进行释放 (林冠伦等, 1988), 1988–1994 年, 在湖南的长沙、常德、岳阳及临湘释放空心莲子草叶甲约 3.6 万  $\text{hm}^2$ , 获得理想的控草效果。5 月初空心莲子草旺盛生长期, 每公顷释放 3 000 头叶甲成虫, 并在同一地点连续释放 2~3 年, 可以基本控制草害 (李宏科等, 2000)。

空心莲子草叶甲被引入中国已有 25 年, 在湖南释放也有 23 年历史, 虽然该虫在田间建立了自然种群 (刘雨芳等, 2009, 2010), 但它并未控制住空心莲子草在湖南省及我国南方各省的进一步扩散, 即使在洞庭湖区等适合度高的水域中, 空心莲子草也未得到有效控制 (周国庆等, 2007)。公众对空心莲子草叶甲作为天敌的控害能力与利用价值产生了疑惑, 由此带来几个值得考虑的有趣问题: (1) 空心莲子草叶甲的取食能力退化了吗? (2) 该天敌取食行为分化与否? (3) 该天敌作为空心莲子草重要的自然控制因子的价值还存在吗? (4) 可否强化其控害能力? 本研究旨在通过室内定量检测与评价方法, 研究空心莲子草叶甲被引进 23 年后田间自然种群的取食能力与取食行为, 解答公众对空心莲子草叶甲作为天敌的控害能力与利用价值的疑惑, 科学地回答前面提出的有趣问题。

## 1 材料与方法

### 1.1 空心莲子草实验苗的室内培育

在高 40 cm, 直径 25 cm 的塑料桶中加入适量培养基质与池塘水, 将采于沟渠湿地内的空心莲子草, 用清水洗净其表面污物后置于桶中培养, 待草在室内恢复正常生长并生根后用于空心莲子草叶甲的饲养及控害效果检测。

### 1.2 空心莲子草叶甲的采集与繁育

2010 年 5 月在湖南科技大学校园 (27°54′06.7″N, 112°54′39.5″E) 周边的湿地或池塘边, 采集空心莲子草叶甲成虫的自然种群, 带回室内饲养与产卵繁殖, 获得实验所需的各龄期与虫态的叶甲, 饲养与繁殖方法参考刘雨芳等 (2009)。

### 1.3 不同密度与不同虫态叶甲室内控害效果检测

选取生长良好, 长势基本一致, 叶片完整鲜绿, 高约 40 cm 的经室内适应培养的空心莲子草嫩枝 75 株, 随机分成 15 份, 每份 5 株。单株编号并测量其株高、鲜重、茎节数、叶片数与侧芽数后, 分别插入 15 个 250 mL 的锥型瓶中培养。每瓶草上分别接 1, 5, 25 和 50 头叶甲的 1, 2 和 3 龄幼虫以及成虫, 即得到 0.2, 1, 5 和 10 头/株的密度, 不接虫为对照组, 每次完成 1 个龄期或虫态的检测。接幼虫各组与对照组置于光照培养架上, 接成虫的检测组放入养虫笼中, 均在光照 12L:12D、温度  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  下条件下培养检测。每个虫态与密度均设 3 重复。

每 24 h 观察记录 1 次空心莲子草的被害情况, 连续观察记录 7 d。第 7 天测量记录植株生物量 (鲜重)、株高、死株数、侧芽数、顶芽状况、叶片总体被害状况、枯死叶片数等。部分 3 龄老熟幼虫

在实验期内会钻入植株茎秆中化蛹, 在测量植株生物量时, 用测量所得重量减去在茎秆中的蛹重, 得到植株净生物量。

#### 1.4 数据统计与分析

通过数据的转换计算获得空心莲子草叶甲的校正控制量, 其计算公式为: 利用对照组实验结束时的测量值  $E_t$ 、初始量  $B_t$  计算空心莲子草的实际增长率  $V$ , 则校正控制量  $C$  为:  $C = V \times M_b - C_m$ , 式中,  $V = \frac{E_t - B_t}{B_t}$ ,  $M_b$  为各实验组初始测量值,  $C_m$  为各实验组的实测增长量。利用 SPSS 17.0 Version 软件上的配对数据  $t$  检验法与 LSD 多重数据比较完成数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 1 龄幼虫的取食习性与控害效果评价

1 龄幼虫被接上植株后, 喜聚集在植株生长点的顶芽嫩叶处取食, 先取食叶片背面的叶肉组织, 造成生长点枯萎, 但在实验时间内均未引起植株死亡。

平均每株空心莲子草接 1 龄幼虫 0.2 头或 1 头时, 空心莲子草仍有开花、新叶和侧芽生成, 生物量、株高与茎节数仍在增加, 控草作用不明显。每株接 5 头与 10 头 1 龄幼虫的密度下, 空心莲子草的生物量、叶片数和侧芽数均出现负增长, 控制效果较低密度显著; 每株接 10 头 1 龄幼虫的密度下, 空心莲子草的株高和茎节数出现负增长, 控草效果最好(表 1)。

### 2.2 2 龄幼虫的取食习性与控草效果评价

2 龄幼虫优先取食顶芽、嫩叶, 也取食老叶与茎秆, 造成茎秆易折断, 叶片枯萎。每株接 10 头 2 龄幼虫, 在第 4 天植株的顶芽与侧芽已被食尽, 植株枯萎, 接虫 7 d 后, 已引起 40% 的植株死亡, 控害效果显著。各密度下的空心莲子草叶甲 2 龄幼虫对空心莲子草的生物量、株高、叶片数、侧芽数和茎节数均表现有控制效果。在实验设置的 4 个接虫密度下, 寄主植物的侧芽数均呈负增长。每株接 2 龄幼虫 1 头起, 叶片数呈现负增长, 每株接 2 龄幼虫 5 头起, 植株生物量、叶片数、侧芽数和茎节数均表现明显的负增长, 在每株接 10 头 2 龄幼虫的高密度下, 对空心莲子草被检测的 5 个参数均表现了较显著的控制作用, 特别是株高、叶片与茎节的控制效果显著(表 2)。

### 2.3 3 龄幼虫的取食习性与控草效果评价

3 龄幼虫取食量大, 不仅取食叶片, 而且取食茎秆, 且在进入后期, 会钻入茎秆中化蛹, 引起茎秆折断、枯萎或腐烂, 每株接 10 头 3 龄幼虫, 在第 3 天植株的顶芽、侧芽与嫩叶已被食尽, 植株开始枯萎, 幼虫开始啃食茎秆。接虫 7 d 后, 已引起 52% 的植株死亡, 存活株的茎节数显著减少, 叶片全部被取食。

3 龄幼虫对空心莲子草有较好的控制作用。平均每株接虫 1 头时, 空心莲子草的生物量、叶片数与侧芽数已呈现负增长, 平均每株接 5 头时, 茎节数呈现负增长, 每株接 10 头 3 龄幼虫的高密度下, 对空心莲子草被检测的 5 个参数均表现了较显著的控制作用, 特别是对生物量、株高、叶片与茎节数的控制效果显著(表 3)。

### 2.4 成虫的取食习性与控草效果评价

成虫取食量大, 可 24 h 不间断地取食, 同时成虫可取食植株的任何部位与组织。特别在高密度取食下茎秆折断, 残叶脱落, 花芽干枯死亡, 取食 1 周后植株死亡率高达 66.7%。

平均每株接成虫 0.2 头时, 空心莲子草叶片与侧芽数量已呈现负增长, 平均每株接成虫 5 头时, 空心莲子草的生物量、株高、叶片数、侧芽数与茎节数均呈现较大的负增长, 其控草作用明显, 且随着接虫密度增加至平均每株 10 头时, 控草效果更加显著(表 4)。

### 2.5 叶甲各龄期幼虫与成虫在相同密度下的控草效果比较

空心莲子草叶甲对空心莲子草的控防效果均为虫口密度依赖型, 叶甲的各龄期幼虫与成虫的虫口密度越高, 对空心莲子草的控防效果越好。在测试的 4 种接虫密度下, 成虫对空心莲子草生物量、株高、侧芽数、叶片数的控制效果均极显著高于 1, 2 和 3 龄幼虫( $P < 0.01$ ); 在 10 头/株的高密度下, 2 龄与 3 龄幼虫对空心莲子草株高、叶片数的控制效果均极显著高于 1 龄幼虫( $P < 0.01$ ), 对茎节数的控制效果均极显著高于 1 龄幼虫与成虫( $P < 0.01$ ); 在 5 头/株的接虫密度下, 3 龄幼虫对空心莲子草茎节数的控制效果均极显著高于 1 龄幼虫与 2 龄幼虫( $P < 0.01$ ), 与成虫无显著差异( $P > 0.05$ )(图 1)。

## 3 结论与讨论

室内实验结果表明, 空心莲子草叶甲的各龄幼

表 1 空心莲子草叶甲 1 龄幼虫对空心莲子草的控制效果

Table 1 Controlling effects of the 1st instar larvae of *Agasicles hygrophila* on alligator weed

| 接虫密度(头/株)<br>Density of insect infestation (number of individuals/plant) | 生物量(g)<br>Biomass                 |                                   | 株高(cm)<br>Plant height            |                                   | 叶片数<br>Number of leaves           |                                   | 侧芽数<br>Number of axillary buds    |                                   | 茎节数<br>Number of nodes            |                                   |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|  | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount |
| 0 (CK)   | 2.74 ± 0.25                       | 0                                 | 5.36 ± 0.60                       | 0                                 | 0.16 ± 0.03                       | 0                                 | 0.60 ± 0.24                       | 0                                 | 1.00 ± 0.00                       | 0                                 |
| 0.2  | 1.82 ± 0.14                       | 0.94 ± 0.18 a                     | 4.70 ± 0.34                       | 0.53 ± 0.34a                      | 1.07 ± 0.38                       | 1.56 ± 0.39ab                     | 0.27 ± 0.12                       | 0.43 ± 0.20 a                     | 0.40 ± 0.03                       | 0.59 ± 0.14 ab                    |
| 1  | 0.77 ± 0.09                       | 2.05 ± 0.09 b                     | 2.96 ± 0.18                       | 2.28 ± 0.18 b                     | 1.47 ± 0.51                       | 1.38 ± 0.50a                      | -0.07 ± 0.18                      | 0.90 ± 0.21 ab                    | 0.80 ± 0.11                       | 0.18 ± 0.11 a                     |
| 5  | -0.07 ± 0.04                      | 2.65 ± 0.08 c                     | 0.52 ± 0.28                       | 5.12 ± 0.31 c                     | -3.20 ± 0.47                      | 5.92 ± 0.45c                      | -0.87 ± 0.17                      | 1.60 ± 0.22 c                     | 0.00 ± 0.10                       | 1.08 ± 0.11 c                     |
| 10   | -1.32 ± 0.12                      | 3.13 ± 0.17 c                     | -1.69 ± 0.26                      | 6.95 ± 0.27 d                     | -4.80 ± 0.46                      | 7.28 ± 0.47d                      | -0.13 ± 0.09                      | 0.80 ± 0.23 a                     | -1.00 ± 0.19                      | 2.49 ± 0.21 d                     |

表中数据为平均值 ± 标准误 (n=3), 校正控制量数值列后不同字母表示差异显著 (P < 0.05) (LSD 多重比较)。The data in the table are mean ± SE (n = 3), and different small letters following the corrected control amount in a column indicate significant difference (P ≤ 0.05) (LSD test). 表 2~4 同 The same for Tables 2~4.

表 2 空心莲子草叶甲 2 龄幼虫对空心莲子草的控制效果

Table 2 Controlling effects of the 2nd instar larvae of *Agasicles hygrophila* on alligator weed

| 接虫密度(头/株)<br>Density of insect infestation (number of individuals/plant) | 生物量(g)<br>Biomass                 |                                   | 株高(cm)<br>Plant height            |                                   | 叶片数<br>Number of leaves           |                                   | 侧芽数<br>Number of axillary buds    |                                   | 茎节数<br>Number of nodes            |                                   |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|  | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount |
| 0 (CK)   | 1.66 ± 0.10                       | 0                                 | 4.38 ± 0.14                       | 0                                 | 3.6 ± 0.75                        | 0                                 | 0.20 ± 0.20                       | 0                                 | 0.60 ± 0.24                       | 0                                 |
| 0.2  | 1.00 ± 0.11                       | 0.77 ± 0.08 a                     | 4.15 ± 0.33                       | 0.26 ± 0.33 a                     | 0.67 ± 0.50                       | 3.64 ± 0.61 a                     | -0.2 ± 0.17                       | 0.37 ± 0.19 a                     | 0.73 ± 0.12                       | 0.27 ± 0.12 a                     |
| 1  | 0.32 ± 0.10                       | 1.56 ± 0.12 b                     | 3.54 ± 0.18                       | 1.05 ± 0.21 ab                    | -1.33 ± 0.72                      | 4.07 ± 0.91 ab                    | -0.73 ± 0.25                      | 0.95 ± 0.25 ab                    | 0.33 ± 0.16                       | 0.73 ± 0.18 ab                    |
| 5  | -0.76 ± 0.07                      | 2.59 ± 0.13 c                     | 1.22 ± 0.17                       | 3.36 ± 0.17 bc                    | -2.07 ± 1.14                      | 6.33 ± 1.34 bc                    | -1.07 ± 0.25                      | 1.22 ± 0.27 bc                    | -0.13 ± 0.09                      | 1.21 ± 0.10 c                     |
| 10   | -1.74 ± 0.27                      | 2.80 ± 0.32 c                     | -8.05 ± 1.05                      | 12.44 ± 1.05 d                    | -12.33 ± 0.64                     | 15.54 ± 0.68 d                    | -1.27 ± 0.23                      | 1.47 ± 0.24 c                     | -3.40 ± 0.31                      | 5.39 ± 0.33 d                     |

表 3 空心莲子草叶甲 3 龄幼虫对空心莲子草的控害效果  
Table 3 Controlling effects of the 3rd instar larvae of *Agasicles hygrophila* on alligator weed

| 接虫密度(头/株)<br>Density of insect infestation (number of individuals/plant) | 生物量(g)<br>Biomass                 |                                   | 株高(cm)<br>Plant height            |                                   | 叶片数<br>Number of leaves           |                                   | 侧芽数<br>Number of axillary buds    |                                   | 茎节数<br>Number of nodes            |                                   |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|  | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount |
| 0 (CK)   | 1.29 ± 0.07                       | 0                                 | 4.48 ± 0.31                       | 0                                 | 2.00 ± 0.00                       | 0                                 | 0.60 ± 0.24                       | 0                                 | 1.60 ± 0.24                       | 0                                 |
| 0.2  | 1.05 ± 0.08                       | 0.21 ± 0.10 a                     | 3.87 ± 0.37                       | 0.64 ± 0.39 a                     | 1.60 ± 0.29                       | 0.16 ± 0.32 a                     | 0.67 ± 0.16                       | -0.48 ± 0.20 a                    | 0.07 ± 0.12                       | 1.76 ± 0.16 ab                    |
| 1  | -0.27 ± 0.23                      | 1.68 ± 0.26 b                     | 2.73 ± 0.23                       | 1.79 ± 0.22 b                     | -0.67 ± 0.81                      | 2.72 ± 0.87 b                     | -0.13 ± 0.19                      | 0.61 ± 0.23 bc                    | 0.40 ± 0.21                       | 1.25 ± 0.25 a                     |
| 5  | -1.27 ± 0.20                      | 2.60 ± 0.25 c                     | 0.81 ± 0.65                       | 3.81 ± 0.68 c                     | -4.8 ± 0.85                       | 6.66 ± 0.91 c                     | -0.93 ± 0.12                      | 1.49 ± 0.17 d                     | -1.47 ± 0.13                      | 3.11 ± 0.14 c                     |
| 10   | -2.18 ± 0.13                      | 3.38 ± 0.16 d                     | -6.94 ± 0.59                      | 11.49 ± 0.60 d                    | -14.67 ± 0.44                     | 17.26 ± 0.47 d                    | -0.80 ± 0.24                      | 1.31 ± 0.31 cd                    | -3.27 ± 0.37                      | 6.13 ± 0.42 d                     |

表 4 空心莲子草叶甲成虫对空心莲子草的控害效果  
Table 4 Controlling effects of *Agasicles hygrophila* adults on alligator weed

| 接虫密度(头/株)<br>Density of insect infestation (number of individuals/plant) | 生物量(g)<br>Biomass                 |                                   | 株高(cm)<br>Plant height            |                                   | 叶片数<br>Number of leaves           |                                   | 侧芽数<br>Number of axillary buds    |                                   | 茎节数<br>Number of nodes            |                                   |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|  | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount | 实测增长量<br>Measured increase amount | 校正控制量<br>Corrected control amount |
| 0 (CK)   | 3.86 ± 0.64                       | 0                                 | 4.48 ± 0.37                       | 0                                 | 3.60 ± 0.40                       | 0                                 | 1.40 ± 0.24                       | 0                                 | 1.00 ± 0.00                       | 0                                 |
| 0.2  | 0.47 ± 0.16                       | 1.94 ± 0.22a                      | 3.39 ± 0.20                       | 4.71 ± 0.21 a                     | -0.20 ± 0.50                      | 4.83 ± 0.58 a                     | -0.13 ± 0.09                      | 1.38 ± 0.16 a                     | 0.07 ± 0.12                       | 1.11 ± 0.12 ab                    |
| 1  | -0.81 ± 0.32                      | 3.34 ± 0.34b                      | -0.85 ± 1.99                      | 8.80 ± 2.00 b                     | -3.53 ± 1.49                      | 8.04 ± 1.53 ab                    | -0.33 ± 0.19                      | 1.46 ± 0.22 ab                    | 0.07 ± 0.35                       | 1.08 ± 0.35 a                     |
| 5  | -2.17 ± 0.57                      | 4.77 ± 0.61bc                     | -11.99 ± 3.89                     | 19.94 ± 3.90 c                    | -10.87 ± 1.60                     | 14.84 ± 1.57 c                    | -1.53 ± 0.29                      | 2.89 ± 0.38 c                     | -1.80 ± 0.52                      | 3.01 ± 0.53 c                     |
| 10   | -4.66 ± 0.33                      | 7.16 ± 0.40d                      | -15.04 ± 2.25                     | 23.32 ± 0.21 d                    | -16.27 ± 0.79                     | 20.19 ± 0.86 d                    | -2.96 ± 0.26                      | 4.43 ± 0.38 d                     | -3.07 ± 0.33                      | 4.31 ± 0.33 c                     |

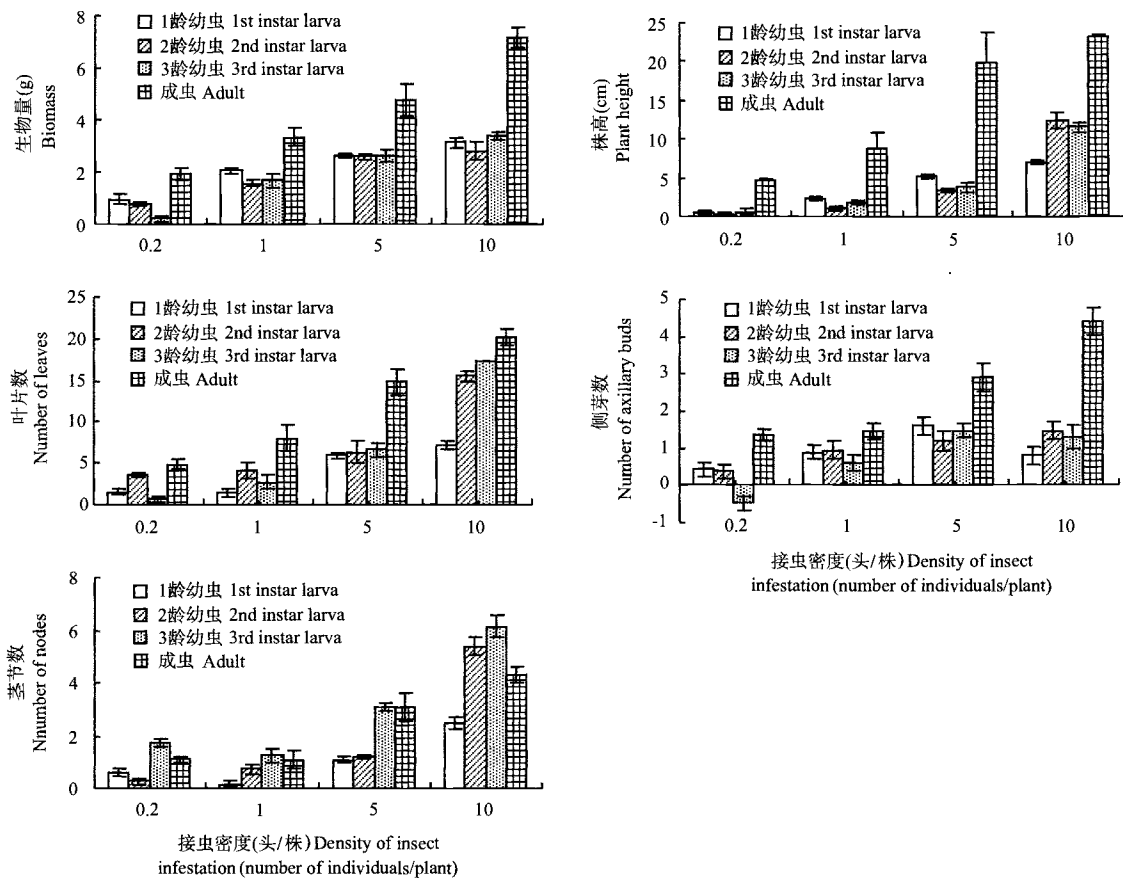


图1 空心莲子草叶甲各虫态在不同密度下对空心莲子草的控制量比较

Fig. 1 Comparison of the controlling effects of all stages in different densities of *Agasicles hygrophila* at different infestation densities on *Alteranthera piloxeroides*

虫与成虫均能取食空心莲子草,且均随着虫口密度的增加提高控害效果。在高密度叶甲取食下,空心莲子草叶片,生长点与顶芽,以及嫩枝和侧芽均被取食殆尽,高龄幼虫与成虫取食茎秆,以及3龄老熟幼虫钻入茎秆化蛹,引起茎秆折断、腐烂,对空心莲子草具有强力的控防作用,完全能控制空心莲子草的生长,阻止其繁殖,与文献报道(Sainty *et al.*, 1998; 李宏科等, 2000)在田间集中释放取得的控害效果是一致的。而我们在田间的调查也发现,空心莲子草叶甲在水生或湿泽自然生境中呈现高密度分布时,其控害效果也很好,与室内结果一致。即回答了在前言中提出的3个有趣的问题,空心莲子草叶甲被引入到中国20多年后,其取食习性与行为并未分化改变,其对空心莲子草的控制效果与控害能力依然强大,空心莲子草叶甲的生物防治利用价值仍然存在。而叶甲并未控制空心莲子草在我国南方各省的进一步扩散,即使是水域中的空心莲子草也未得到有效控制(周国庆等, 2007),分析其主要原因可能是,在自然界中空心莲子草叶甲的种

群密度低(刘雨芳等, 2009, 2010),从而取食量有限与空心莲子草强大的繁殖能力、快速生长与扩散的能力(Sainty *et al.*, 1998; Liu and Yu, 2009)及陆生生境中空心莲子草被连续取食后迅速地补偿性恢复生长(Lu and Ding, 2010)之间的巨大级差造成的。由此我们建议,通过人工繁殖后大量释放或适时补充叶甲,提高其在田间的种群密度,并适时人工助迁,将有助于发挥叶甲对空心莲子草的生物控害作用。

在开放的田间生态系统中,可能有很多因素与叶甲种群密度偏低密切相关,其中包括环境温度(夏季的极端高温与冬季低温)对叶甲种群的直接胁迫(刘雨芳等, 2009, 2010),在10℃温度下维持4周或在15℃温度下维持12周成虫死亡率分别为92%与70%(Stewart *et al.*, 1999);化学品的使用(田世尧等, 1999; 曾扬等, 2005)及随着夏季高温季节产生的寄主植物适合性差与冬季寄主植物缺乏也可能是间接影响叶甲种群存活的重要因子。在空心莲子草生境中存在大量的捕食性节肢动物,它们

是否捕食空心莲子草叶甲而成为威胁叶甲种群生存的天敌因子, 则有待进一步研究。

### 参 考 文 献 (References)

- Cabrera N, Sosa AJ, Dorado J, Julien M, 2005. *Systema niventula* (Coleoptera: Chrysomelidae), a flea beetle injurious to *Alternanthera philoxeroides* (Amaranthaceae): redescription, biology, and distribution. *Annals of the Entomological Society of America*, 98(5): 643 - 652.
- Jäch MA, Balke M, 2008. Global diversity of water beetles (Coleoptera) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 419 - 442
- Julien MH, Skarratt B, Maywald GF, 1995. Potential geographical distribution of alligator weed and its biological control by *Agasicles hygrophila*. *J. Aquat. Plant Manage.*, 33: 55 - 60.
- Li HK, Li M, Li D, 2000. Alligatorweeds *Alternanthera philoxeroides* and its biological control. *World Agriculture*, (2): 36. [李宏科, 李萌, 李丹, 2000. 空心莲子草及其生物防治. 世界农业, (2): 36]
- Lin GL, Sun JD, Wang Y, Wang R, 1988. Biological control of alligator weed, *Alternanthera philoxeroides* in U. S. A. and Australia. *Chinese Journal of Biological Control*, 4(2): 94 - 96. [林冠伦, 孙进东, 王远, 王韧, 1988. 美国、澳大利亚空心莲子草的生物防治研究. 生物防治通报, 4(2): 94 - 96]
- Liu CH, Yu D, 2009. The bud and root sprouting capacity of *Alternanthera philoxeroides* after over-wintering on sediments of a drained canal. *Hydrobiologia*, 623: 251 - 256.
- Liu YF, Liu WH, Wan FH, 2009. Massive rearing of the alligator weed flea beetle, *Agasicles hygrophila* (Coleoptera: Chrysomelidae), in the laboratory. *Acta Entomologica Sinica*, 52(8): 867 - 874. [刘雨芳, 刘文海, 万方浩, 2009. 空心莲子草叶甲室内大量繁殖研究. 昆虫学报, 52(8): 867 - 874]
- Liu YF, Su WJ, Zeng QG, Liu WH, Wan FH, 2010. Overwintering stage and habitat of the natural populations of the alligator weed flea beetle, *Agasicles hygrophila* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Xiangtan, Hunan, Southern China. *Acta Entomologica Sinica*, 53(10): 1190 - 1194. [刘雨芳, 苏文杰, 曾强国, 刘文海, 万方浩, 2010. 湖南湘潭地区空心莲子草叶甲自然种群的越冬虫态与越冬生境. 昆虫学报, 53(10): 1190 - 1194]
- Lu XM, Ding JQ, 2010. Flooding compromises compensatory capacity of an invasive plant: implications for biological control. *Biological Invasions*, 12: 179 - 189.
- Sainty G, McCorkelle G, Julien M, 1998. Control and spread of alligator weed *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb., in Australia: lessons for other regions. *Wetlands Ecology and Management*, 5: 195 - 201.
- Stewart CA, Chapman RB, Emberson RM, Syrett P, Frampton CMA, 1999. The effect of temperature on the development and survival of *Agasicles hygrophila* Selman & Vogt (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent for alligator weed (*Alternanthera philoxeroides*). *New Zealand Journal of Zoology*, 26: 11 - 20.
- Tian SY, Chen AN, Ji HX, Chen RY, Mai YL, Wang XR, 1999. Bioassay of ten kinds of insecticides against larva of *Agasicles hygrophila*. *Journal of Zhongkai Agrotechnical College*, 12(4): 36 - 39. [田世尧, 陈阿妮, 纪海霞, 陈荣溢, 麦燕玲, 王晓容, 1999. 10种杀虫剂对莲草直胸跳甲幼虫生物活性的测定. 仲恺农业技术学院学报, 12(4): 36 - 39]
- Wang R, Wang Y, Zhang CG, 1988. Host specificity tests for *Agasicles hygrophila* (Col.: Chrysomelidae), a biological control agent of alligator weed. *Chinese Journal of Biological Control*, 4(1): 14 - 17. [王韧, 王远, 张成格, 1988. 空心莲子草叶甲的寄主专一性测验. 生物防治通报, 4(1): 14 - 17]
- Wu ZQ, Cai YC, Guo ZX, Wang TB, 1994. Host specificity tests for *Agasicles hygrophila* (Col.: Chrysomelidae), a biological control agent of alligator weed. *Entomological Journal of East China*, 3(2): 98 - 100. [吴珍泉, 蔡元呈, 郭振铤, 王天宝, 1994. 空心莲子草叶甲的寄主专一性检测. 华东昆虫学报, 3(2): 98 - 100]
- Zeng Y, Zheng WJ, Tian SR, Zhuang ZR, 2005. Bioactivity of 16 species of chemical against the adult of *Agasicles hygrophila*. *Chinese Journal of Pesticides*, 44(12): 567 - 569. [曾扬, 郑伟洁, 田世尧, 庄镇瑞, 2005. 16种农药对莲草直胸跳甲成虫的生物活性测定. 农药, 44(12): 567 - 569]
- Zhou GQ, Peng YL, Wang Y, Zhou GF, Wang WL, 2007. The study of the growth, distribution and damage on the alligator weed, *Alternanthera philoxeroides* in the lake area of Dongting. *Weed Science*, (3): 16 - 18. [周国庆, 彭友林, 王云, 周国峰, 王文龙, 2007. 洞庭湖区空心莲子草的发生、分布与危害研究. 杂草科学, (3): 16 - 18]

(责任编辑: 袁德成)