

莲草直胸跳甲释放量对其种群构建的影响

李彦宁^{1,2*}, 傅建炜^{1,3*}, 郭建英¹, 朱 兴⁴, 黄思娣^{1,4}, 万方浩¹

¹ 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 100193;

² 湖南省农业科学院植物保护研究所, 湖南 长沙 410125; ³ 福建省农业科学院

植物保护研究所, 福建 福州 350013; ⁴ 湖南农业大学, 湖南 长沙 410128

摘要:【背景】莲草直胸跳甲是外来入侵杂草空心莲子草的专一性天敌,其田间种群密度直接影响对空心莲子草的控制效果。研究莲草直胸跳甲的种群动态和扩散速度对于适时和适量投放莲草直胸跳甲防治空心莲子草具有重要意义。【方法】2008 年 5 月底,在湿地环境的空心莲子草上释放不同密度的莲草直胸跳甲后,对其进行了持续至 12 月的种群动态调查。【结果】莲草直胸跳甲种群在 6~7 月和 10~11 月分别出现 2 个明显的高峰期。在湿地、旱地和水田 3 种生境的空心莲子草上释放莲草直胸跳甲后的扩散动态调查表明,莲草直胸跳甲在旱地的扩散能力强于湿地和水田,放虫后 18 d,距释放中心点 6 m 处,旱地生境的种群数目大于湿地生境和水田生境。【结论与意义】应用莲草直胸跳甲防治空心莲子草的释放适期为早春 5~6 月,在不同生境进行释放时,需根据其扩散能力确定适宜的释放点密度和释放量。

关键词: 莲草直胸跳甲; 密度; 种群动态; 扩散

Effects of release density on the population dynamics of the biocontrol agent,
Agasicles hygrophila (Coleoptera: Chrysomelidae)

Yan-ning LI^{1,2*}, Jian-wei FU^{1,3*}, Jian-ying GUO¹, Xing ZHU⁴, Si-di Huang^{1,4}, Fang-hao WAN¹

¹ State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; ² Institute of Plant Protection, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha, Hunan 410125, China; ³ Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China; ⁴ Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China

Abstract: 【Background】The flea beetle, *Agasicles hygrophila*, is an introduced natural enemy of alligator weed *Alternanthera philoxeroides*. The population density of *A. hygrophila* would effect the control effect on the alligator weed. It's important to determine the population dynamics and dispersal rate of *A. hygrophila* when making feasible release strategy for the control *A. philoxeroides*. 【Method】In this study, we released *A. hygrophila* at different densities in a marsh land in May and investigated their population dynamics from then on till December 2008. 【Result】There were two obvious seasonal activity peaks during June~July and October~November, The value of these peaks was positively correlated with the initial releasing densities. Eighteen days after release, *A. hygrophila* density at 6 m distance away from the release site in dry land was higher than in either marsh land or in paddy land. 【Conclusion and significance】The best release period for *A. hygrophila* was from May to June in early spring and the suitable release strategy, including release site density and population density should be determined based on its dispersal ability at different environmental conditions.

Key words: *Agasicles hygrophila*; density; population dynamics; dispersal

空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb,起源于南美洲,属苋科莲子草属,普遍认为其演化中心位于巴拉圭南部和阿根廷东北部的里奥拉普拉盆地(王远和王韧,1988)。目前,空心莲子草分

布于澳大利亚东部、新西兰、东南亚、欧洲南部和非洲东西部等 30 个国家和地区(林冠伦等,1990)。空心莲子草是一种喜湿喜肥、水陆两栖的多年生草本植物,有较强的适应力(Julien & Chan,1992);该草在

我国的最早记录是御江久夫于 1933 年 10 月 24 日采自江苏和上海的标本(马瑞燕等,2003)。空心莲子草在我国以陆生型为主,是难以根除的恶性杂草之一,2003 年 1 月,被中国国家环境保护总局和中国科学院列为我国第一批 16 种外来入侵物种之一(马瑞燕等,2003)。

莲草直胸跳甲 *Agasicles hygrophila* Selman & Vogt 属鞘翅目 Coleoptera 叶甲科 Chrysomelidae 跳甲亚科 Halticinae,在我国又名曲纹叶甲、空心莲子草叶甲,是空心莲子草的专食性天敌。莲草直胸跳甲起源于南美,已被许多国家引入用于控制空心莲子草,现分布于阿根廷、美国、澳大利亚、中国、新西兰、泰国、太平洋岛等地(李宏科和王韧,1994)。1986 年 5 月,中国农业科学院从美国佛罗里达州引入莲草直胸跳甲,并对具有重要经济价值的 21 科 39 种植物进行了食性测定,经评价确定莲草直胸跳甲可在我国安全利用(王韧等,1988; Coulson, 1977)。1986~1994 年,在重庆、浙江、湖南、福建、云南、江西、广西等地释放该虫,对水生型空心莲子草均取得了很好的防治效果(张格成等,1997)。国内外对莲草直胸跳甲的研究主要集中在其对空心莲子草的防治效果、食性和生态适应性等生物学特性方面(李宏科和王韧,1994; 林冠伦等,1988; 马瑞燕,2001; 吴珍泉等,1994a; Guo *et al.*, 2011; Julien *et al.*, 1995)。如李君等(2007)发现莲草直胸跳甲雌成虫耐饥饿能力强于雄成虫;马瑞燕等(2003)发现莲草直胸跳甲在不同生态型空心莲子草上化蛹的生态适应性不同。

莲草直胸跳甲成虫和幼虫均取食叶片,在同一地点连续释放叶甲 2~3 年,空心莲子草可基本得到控制。如 1988~1994 年,在湖南长沙、常德、岳阳和临湘约 3.6 万 hm^2 的范围内释放莲草直胸跳甲,控草效果较为理想。在滨湖区释放叶甲后,沟港排灌畅通,对防洪排涝、抗旱引水极为有利,取得了良好的社会经济效益。在长沙,释放当年就能控制释放区的空心莲子草生长(李宏科和王韧,1994)。莲草直胸跳甲成虫的扩散能力较强,当释放中心的叶片被食光后,成虫向四周呈辐射状转移,其范围可达 5 km(黄大兴等,1996; 杨志华等,2002)。因此,在莲草直胸跳甲的释放应用实践中,研究其种群动态和扩散速度,对于制定合理的释放策略,提高其对空心莲子草的控制效果具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

莲草直胸跳甲:在湖南省农业科学院植物保护研究所大棚(长 20 m,宽 6 m,高 3 m,棚膜采用聚乙烯防老化膜,夏季棚顶覆盖遮阳网)内,自然光照和温湿度条件下,人工栽培空心莲子草繁育莲草直胸跳甲种群,每 5~7 d 浇水 1 次。

1.2 供试地点

湿地:选择湖南省农业科学院作物研究所旁的乌鹊塘;该塘长年湿润,土壤含水量较高,空心莲子草生长旺盛,面积 800 m^2 ,2008 年早春曾采用火烧处理空心莲子草枯草。

旱地:位于乌鹊塘以东 2 km,土壤含水量较低,面积 200 m^2 。

水田:位于湖南省农业科学院植物保护研究所附近,原为水稻种植区,后荒置,自然形成空心莲子草草甸,面积 300 m^2 。

试验起始时,3 种生境中空心莲子草的平均株高均在 20~30 cm。

1.3 莲草直胸跳甲释放量对其种群构建的影响

在湿地内划分出 5 个 100 m^2 的试验区(长 20 m,宽 5 m),各试验区间隔 2 m 以上;再把这 5 个试验区划分成 3 个 20 m^2 的小区(长 4 m,宽 5 m),并用防虫网制成高 2 m 的笼罩加以隔离。2008 年 5 月 29 日 8~11 时,在上述各试验的 3 个小区内,采用随机排列分别投放莲草直胸跳甲成虫 100、200 和 400 头。各释放量处理在 5 个试验区内分别重复 5 次。此后,每隔 7 d 调查 1 次。调查时采用 5 点取样法,在每小区内随机选取 5 个点,每点调查 30 cm×30 cm 范围内莲草直胸跳甲成虫、幼虫和卵的数量。

1.4 不同生境对莲草直胸跳甲扩散速度的影响

在湿地、旱地和水田 3 种生境中,分别选择空心莲子草大面积连片分布的田块,将不同生境的试验区分别划分成 5 个小区,每个小区内设置 1 个面积为 1 m^2 的释放中心(不同小区间释放中心间距 50 m 以上),在每个释放中心投放 500 头莲草直胸跳甲成虫,每隔 3 d 调查 1 次成虫、幼虫和卵的分布情况。调查方法:以释放中心为中心向东、南、西、北 4 个方向向外 20 m 范围内每隔 1 m 设 1 个调查点,调查 30 cm×30 cm 范围内成虫、幼虫和卵的数量。

1.5 数据处理

莲草直胸跳甲的种群动态用 Excel 2003 做图。

2 结果与分析

2.1 莲草直胸跳甲成虫释放量对其田间种群构建的影响

当莲草直胸跳甲初始释放量为每小区 100 头成虫时,6 月 4 日~12 月 4 日其种群数量呈波动变化。6 月上旬至 7 月中旬莲草直胸跳甲成虫释放之初,种群数量增长迅速。7 月底,种群数量开始下降,至 8 月 9 日,达到最低点,在 25 个调查点内每个调查点平均不足 2

头。7 月底到 9 月底,种群数量始终较低,几乎调查不到卵块。从 10 月起,种群数量逐渐上升并持续至 11 月中旬。11 月下旬后,种群数量再度降低。成虫数量的高峰期有 2 个,分别在 6 月底至 7 月底和 9 月底至 11 月底;幼虫数量的高峰期有 3 个,分别在 6 月中下旬、7 月中下旬和 11 月中上旬。卵的高峰期仅出现在 10 月初至 11 月底(图 1)。

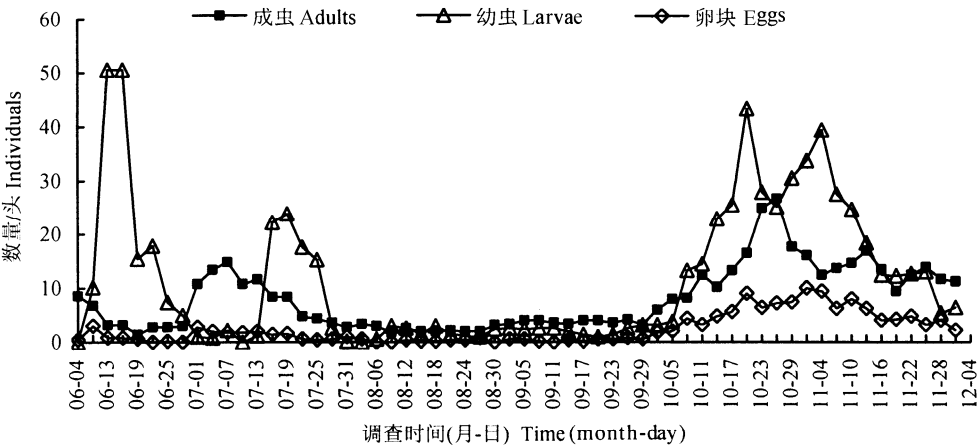


图 1 释放 100 头成虫后莲草直胸跳甲的种群动态
Fig. 1 Population dynamics of *A. hygrophila* after the release of 100 adults per plot

从图 2 可以看出,当莲草直胸跳甲初始释放量为每小区 200 头成虫时,6 月 4 日~12 月 4 日其种群数量呈波动变化。6 月上旬至 7 月中旬莲草直胸跳甲成虫释放之初,种群数量增长迅速。7 月 6 日后,种群数量开始下降,至 8 月 27 日,达到最低点。7 月底到 9 月底,种群数量始终较低,几乎调查不到卵块。从 10 月

起,种群数量逐渐上升并持续至 11 月中旬。11 月下旬以后,种群数量再度降低。成虫数量的高峰期有 2 个,分别在 7 月和 10 月中旬至 11 月底;幼虫数量的高峰期有 3 个,分别在 6 月中下旬、7 月中下旬和 10 月初至 11 月底。卵的数量在 7 月有 1 个小高峰期,较大高峰出现在 10 月中下旬至 11 月底。

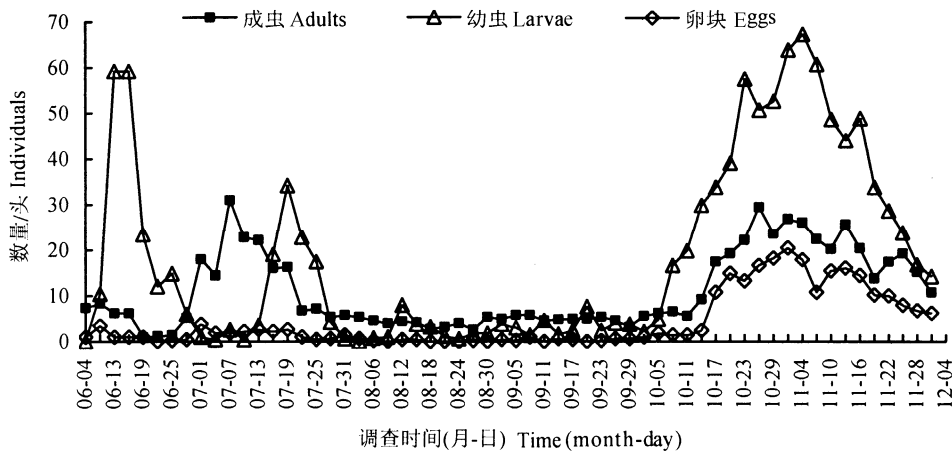


图 2 释放 200 头成虫后莲草直胸跳甲的种群动态
Fig. 2 Population dynamics of *A. hygrophila* after the release of 200 adults per plot

当莲草直胸跳甲初始释放量为每小区 400 头成虫时,6 月 4 日~12 月 4 日其种群数量仍呈波动变

化。6 月上旬至 7 月中旬莲草直胸跳甲成虫释放之初,种群数量增长迅速。7 月底,种群数量开始下降,

至 8 月 24 日,达到最低点。7 月底至 10 月初,种群数量始终较低,几乎调查不到卵块。从 10 月中旬起,种群数量逐渐上升并持续至 11 月中旬。11 月下旬后,种群数量再度降低。成虫数量的高峰期有 2

个,分别在 7 月和 10 月中旬至 11 月底;幼虫数量的高峰期有 3 个,分别在 6 月中下旬、7 月中下旬和 10 月中下旬至 11 月底。卵的高峰期则出现在 10 月中下旬至 11 月底(图 3)。

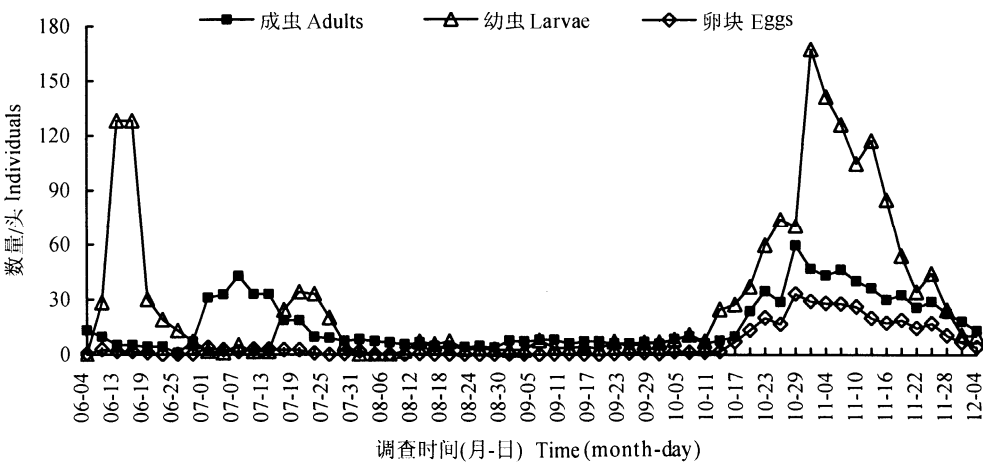


图 3 释放 400 头成虫后莲草直胸跳甲的种群动态
Fig. 3 Population dynamics of *A. hygrophila* after the release of 400 adults per plot

2.2 不同生境对种群扩散的影响

莲草直胸跳甲在旱地释放 27 d 内的种群扩散距离见图 4。释放 3 d 后,莲草直胸跳甲在旱地仅由释放中心向外扩散 2 m;释放 6 d 后,少量莲草直胸跳甲扩散至距释放中心 4 m 处;此后继续向外扩散;至第 18 天,在距释放中心 2、4 和 6 m 处莲草直胸跳甲种群数量达到最大值,分别为 112、79 和 34 头;释放 18 天后,在距释放中心 20 m 处出现少量该虫;21 ~ 27 d,20 m 处莲草直胸跳甲数量基本持平,约为 13 头。可见,在旱地生境下莲草直胸跳甲在释放 18 d 后向外扩散的虫量达最大,之后递减,且不同距离试虫扩散趋势大致相同。

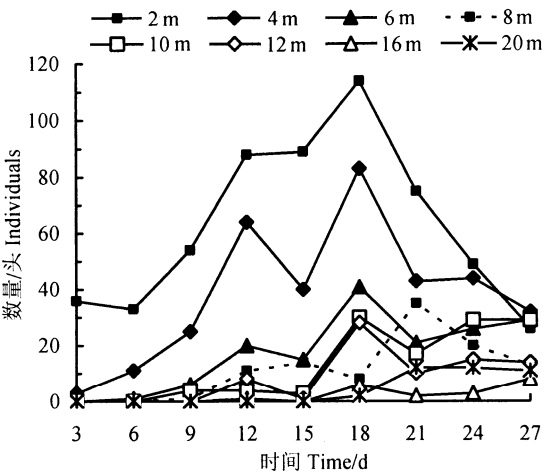


图 4 在旱地生境中释放后莲草直胸跳甲扩散的时空动态
Fig. 4 Temporal and spatial distribution of *A. hygrophila* after the release of 500 adults in dry land

莲草直胸跳甲在湿地释放后 27 d 内的种群扩散距离见图 5。释放 3 d 后,莲草直胸跳甲在湿地由释放中心向外扩散 2 m;释放 9 d 后,少量莲草直胸跳甲扩散至距释放中心 4 m 处;此后继续向外扩散。至释放 12 d 后,2 m 处莲草直胸跳甲种群数量达到最大值,为 105 头。至第 18 天,4 m 处莲草直胸跳甲种群数量达到最大值,为 82 头。释放 18 d 后,在距释放中心 20 m 处出现少量该虫,24 ~ 27 d,20 m 处莲草直胸跳甲数量基本持平,约为 17 头。可见,在湿地生境下莲草直胸跳甲在释放 18 d 后向外扩散的虫量达最大,之后递减,且不同距离试虫扩散趋势大致相同,12 和 16 m 范围内略有下降。

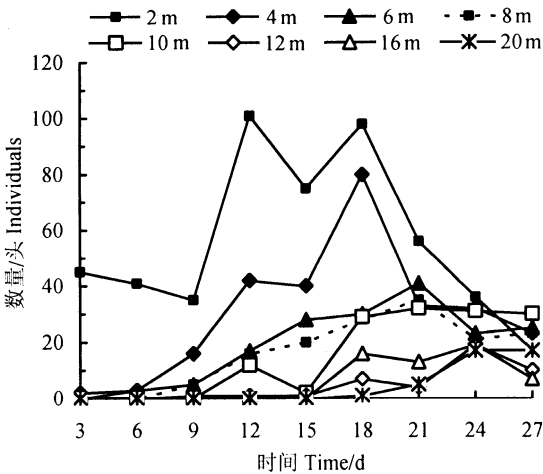


图 5 在湿地生境中莲草直胸跳甲种群扩散的时空动态
Fig. 5 Temporal and spatial distribution of *A. hygrophila* after the release of 500 adults in marsh land

莲草直胸跳甲在水田释放后 27 d 内的种群扩散距离见图 6。释放 3 d 后,莲草直胸跳甲在水田由释放中心向外扩散 2 m;释放 6 d 后,少量莲草直胸跳甲扩散至距释放中心 6 m 处;此后继续向外扩散。释放 9 d 后,在距释放中心 8 m 处莲草直胸跳甲数量达到最大值,为 20 头。释放 15 d 后,2 m 处莲草直胸跳甲种群数量达到最大值,为 83 头。至第 18 天,除 2 m 外,其他距离处莲草直胸跳甲数量均达到最大值,在距释放中心 20 m 处出现少量该虫。释放 18 d 后,湿地生境下莲草直胸跳甲种群数量递减,且不同距离试虫扩散趋势大致相同。

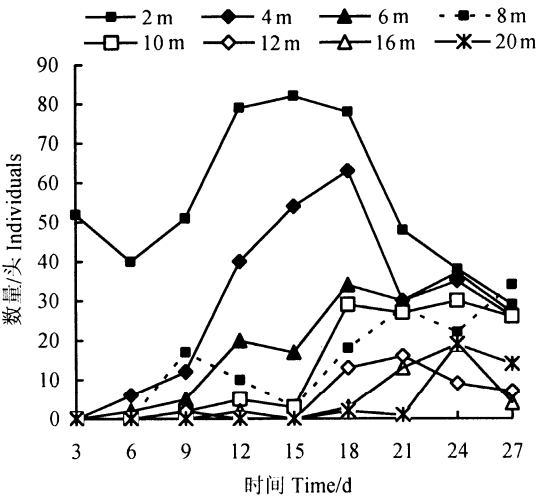


图 6 在水田生境中莲草直胸跳甲种群扩散的时空动态
Fig. 6 Temporal and spatial distribution of *A. hygrophila* after the release of 500 adults in paddy land

3 结论

温度是制约昆虫种群扩散的重要因素(罗峰和雷朝亮,2004; 伍志山等,2000)。27 ℃时,莲草直胸跳甲孵化率、存活率、繁殖力和种群趋势指数均为最大,24~27 ℃为其最适温区;在相对湿度大于 90% 时,莲草直胸跳甲的卵孵化率较高,成虫的寿命较长(陈文胜等,2010; 吴珍泉等,1994b)。当温度高于 32 ℃时,莲草直胸跳甲生长缓慢或停滞,而当温度低于 10 ℃时,莲草直胸跳甲则以老熟幼虫或蛹越冬(黄文星,2007)。本研究对释放莲草直胸跳甲后其在田间的种群数量调查表明,以不同虫量释放莲草直胸跳甲,其田间种群构建和动态变化趋势基本一致,呈明显的季节变化,春夏之交的 6~7 月莲草直胸跳甲种群建立较快并通过自身繁殖不断扩大;8 月初至 9 月底,各虫态莲草直胸跳甲数目均较低,田间基本未见莲草直胸跳甲卵块;种群恢复始于 10 月

初,并在 11 月达到峰值。该变化趋势与当地气温变化呈明显的对应关系,在长沙夏季高温出现在 8~9 月份,此时莲草直胸跳甲的繁殖受到抑制,种群数量骤减;9 月底进入秋季后气温度逐渐下降,此时莲草直胸跳甲繁殖活跃,种群数量大增。可见,温度是制约莲草直胸跳甲种群扩散的重要因素,因此,在田间释放莲草直胸跳甲进行空心莲子草的生防实践时,应把握好释放时期,以早春释放效果最好。

在旱地、湿地、水田 3 种生境下,莲草直胸跳甲的扩散趋势基本相同,主要在 2~6 m 内做近距离扩散,莲草直胸跳甲的数量也随距离的增加而明显减少;莲草直胸跳甲成虫具有较强的扩散能力,且在旱生生境条件下莲草直胸跳甲的扩散速度比水田和湿地生境快,其原因可能是湿地和水田的空心莲子草更适合莲草直胸跳甲生长,可以更高效地保证种群的正常取食需求,而旱地空心莲子草生长较差,容易被取食殆尽,所以莲草直胸跳甲扩散较快。本研究结果表明,在释放莲草直胸跳甲防治空心莲子草时,每个释放点释放 500 头成虫,释放点间隔的最佳距离为 2~4 m,即可以有效控制空心莲子草。

也有不少研究表明,昆虫喜好在生长快速的植株上产卵(Timothy,2002),莲草直胸跳甲的扩散是否与之有关,以及空心莲子草的质量、生态型、生长速率在影响莲草直胸跳甲扩散中所占比重,均有待进一步研究。此外,莲草直胸跳甲成虫的飞行能力也有待通过飞行磨设备加以测定,以明确取食不同生境类型不同营养条件下的空心莲子草对莲草直胸跳甲成虫飞行能力是否具有影响。

参考文献

陈文胜,区焯林,崔志新,王蕴波,刘丽屏. 2010. 温度对空心莲子草叶甲生长发育及繁殖的影响. 广东农业科学, (3): 142-144.
黄大兴,李伟群,邓国荣,杨皇红. 1996. 引放曲纹叶甲防治空心莲子草的研究. 广西植保, (1): 1-4.
黄文星. 2007. 水花生叶甲控草效果评价及越冬保护技术研究. 农业环境与发展, (2): 61-62.
李宏科,王韧. 1994. 空心莲子草叶甲的越冬保护和大量繁殖释放研究. 生物防治通报, 10(1): 11-14.
李君,邓发科. 2007. 空心莲子草叶甲成虫取食量和耐饥饿能力的研究. 四川动物, 26(1): 116-117.
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.

- 林冠伦,杨益众,胡进生. 1990. 空心莲子草生物及防治研究. 江苏农学院学报, 11(2): 57 – 63.
- 罗峰,雷朝亮. 2004. 棉露尾甲发育起点温度和有效积温的研究. 昆虫知识, 41(3): 252 – 254.
- 马瑞燕. 2001. 空心莲子草叶甲天敌——莲草直胸跳甲引进中国后的生态适应性研究. 北京: 中国农业科学院.
- 马瑞燕,丁建清,李佰铜. 2003. 莲草直胸跳甲在不同生态型空心莲子草上的化蛹适应性. 中国生物防治, 19(2): 54 – 58.
- 马瑞燕,王韧,丁建清. 2003. 利用传统生物防治控制外来杂草的入侵. 生态学报, 23(12): 2677 – 2688.
- 王韧,王远,张格成. 1988. 空心莲子草叶甲寄主专一性测验. 生物防治通报, 4(1): 14 – 17.
- 王远,王韧. 1988. 国外生物防治空心莲子草的研究进展. 生物防治通报, 4(2): 28 – 30.
- 吴珍泉,蔡元呈,郭振铎,李继祥. 1994a. 空心莲子草叶甲寄主专一性测验. 华东昆虫学报, 3(2): 98 – 100.
- 吴珍泉,蔡元呈,郭振铎,王天宝. 1994b. 温、湿度对空心莲子草叶甲生长发育的影响. 福建农业大学学报, 23(1): 46 – 50.
- 伍志山,陈家骅,张玉珍,王元康,曾远程. 2000. 温度对烟草甲生长发育的影响. 华东昆虫学报, 9(2): 59 – 62.
- 杨志华,何翠娟,钱德明. 2002. 沪郊曲纹叶甲消长规律及对空心莲子草作用效果的初步观察. 上海农业学报, 18(4): 79 – 83.
- 张格成,李继祥,陈秀华. 1997. 曲纹叶甲防除空心莲子草的应用研究. 中国南方果树, 26(5): 47 – 49.
- Coulson J R. 1977. Biological control of alligator weed, 1959 – 1972. A review and evaluation. *USDA Technical Bulletin*, 1547: 98.
- Guo J Y, Fu J W, Xian X Q, Ma M Y and Wan F H. 2011. Performance of *Agasicles hygrophila* (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent of invasive alligator weed, at low non-freezing temperatures. *Biological Invasions*, DOI 10.1007/s10530-010-9932-3.
- Julien M H and Chan R R. 1992. Biological control of alligator weed: unsuccessful attempts to control terrestrial growth using flea beetles *Disonycha argentinensis* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Entomophaga*, 37: 213 – 221.
- Julien M H, Skarratt B and Maywald G F. 1995. Potential geographical distribution of alligator weed and its biological control by *Agasicles hygrophila*. *Journal of Aquatic Plant Management*, 33: 55 – 60.
- Timothy P C. 2002. Preference and performance are correlated in the spittlebug *Aphrophora pectails* on four species of willow. *Ecological Entomology*, 27: 529 – 540.

(责任编辑:彭露)