



李鸿波, 王维滔, 陈亚雄, 等. 粘虫在贵州成功越冬的实证 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6): 1299–1305.

粘虫在贵州成功越冬的实证

李鸿波¹, 王维滔², 陈亚雄¹, 叶照春¹, 朱 峰¹, 何永福

(1. 贵州省植物保护研究所, 贵阳 550006; 2. 贵阳市清华中学, 贵阳 550025)

摘 要: 粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 是一种典型的季节性远距离迁飞害虫, 也是我国及其它亚洲和澳洲国家粮食作物上重大害虫。贵州省地处我国西南部, 是二代粘虫的常年发生地, 但有关粘虫在贵州的越冬问题未有详细报道。为探明粘虫是否可以在贵州越冬, 本文对 2 日龄蛹过冷却点, 耐低温能力进行了测定, 并在田间进行了越冬笼罩实验和越冬调查试验。结果表明, 粘虫的过冷却点为 -14.95°C , 结冰点为 -9.52°C 。低温和暴露时间对粘虫的存活率具有显著影响。在 10°C 下处理 30 d 后, 其存活率高达 96.5%, 处理 90 d 后仅有 5% 个体存活。但在 -5°C 下处理 0.5 h 后的存活率为 80.00%, 而处理 8 h 就全部死亡。田间笼罩试验结果发现 2 日龄蛹的存活率随埋蛹时间延长而降低, 但至 100 d 仍有 46.67% 个体存活; 同时, 越冬调查发现少量的蛹和老熟幼虫, 包括 1 头老熟幼虫和 29 头蛹。这些结果表明, 粘虫可以以老熟幼虫和蛹等虫态在贵州低海拔地区成功越冬。

关键词: 粘虫; 过冷却点; 耐低温能力; 越冬调查

中图分类号: Q968.1; S433.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2017) 06-1299-07

Evidences of *Mythimna separata* overwintering in Guizhou Province

LI Hong-Bo¹, WANG Wei-Tao², CHEN Ya-Xiong¹, YE Zhao-Chun¹, ZHU Feng¹, HE Yong-Fu^{1*}

(1. Guizhou Institute of Plant Protection, Guiyang 550006, China; 2. Tsinghua High School, Guiyang 550025, China)

Abstract: The oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) is a typical, seasonal, long distance, migratory insect pest that causes significant damage to food crops in China and other parts of Asia and Oceania. Guizhou province, located in southwest of China, is a common place for *M. separata* occurrence. To explore whether this insect pest can overwinter in Guizhou, supercooling point and cold tolerance of 2-day *M. separata* pupae were evaluated in the laboratory, and the survival rate and distribution during winter were also examined in the field. Our results showed that the supercooling point and freezing point were -14.95°C and -9.52°C , respectively. The survival rate of 2-day *M. separata* pupae were significantly affected by low temperature and exposure time. For example, survival rate after 30 d treatment was as high as 96.5% under 10°C ; but it was only 5% when lasted to 90 d. Under -5°C , the survival rate was 80.00% after 0.5 h treatment, and it was completely died after 8 h treatment. Field cage experiment in winter indicated that the survival rate was obviously decreased with extended time, but it remained as high as 46.67% after treatment for 100 d. Meanwhile, overwinter survey indicated that a few old larvae and pupae were found in the field, including one old larvae and 29 pupae. The above data proved that *M. Separata* can overwinter as old larvae or pupae in low altitude areas of Guizhou Province.

Key words: *Mythimna separata*; overwinter; supercooling point; cold tolerance

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201403031); 贵州省农科院院专项 (2014030); 贵州省农科院引进人才启动项目 (201301)

作者简介: 李鸿波, 男, 1985 年生, 贵州省绥阳县人, 博士, 副研究员, 研究方向为害虫综合治理与昆虫分子生态学, E-mail: lihongb2007@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: heyongfu08@163.com

收稿日期 Received: 2016-11-02; 接受日期 Accepted: 2017-02-20

粘虫是一种典型的远距离迁飞性害虫,具有暴食性、群聚性、广食性,分布广和发生历史久远等特点,因而又是一种重要的农业害虫(江幸福等,2014)。粘虫尤为喜好取食禾本科植物,对水稻、玉米和小麦的粮食安全威胁最大(姜玉英等,2014)。仅我国上世纪50-80年代间就有粘虫有17年暴发成灾,成灾面积达7191万 hm^2 ,损失粮食超过1643万吨(叶志华,1993),因而国家曾将其列为10大要消灭害虫的第二位。我国对粘虫灾害问题十分重视,中国农科院植保所曾组织全国植保力量对其越冬、迁飞及危害规律和监测与防控技术进行了系统研究(李光博,1980,1993),其预测预报和防治水平显著提高,该害虫一度得到有效控制(郭予元,2006)。90年代后,由于耕作制度改变,小麦种植面积大幅减少,虽然粘虫在全国局部地区一直都有发生,但未造成严重的损失,直到2012年全国的大爆发(张云慧等,2012)。

温度是一个重要的非生物因子,对昆虫的生长发育、繁殖、种群动态和分布具有重要影响(Bale *et al.*, 2002)。关于温度对粘虫影响的报道较多。这些研究表明:粘虫生长发育、存活、繁殖和飞行适宜的温度为 20°C - 28°C ,高于 30°C 对粘虫种群极为不利(郭祥光等,1964; Guppy, 1969; Smith, 1984; 李秀珍等,1992; 江幸福等,1998, 2000)。同时,粘虫是一种没有滞育特性的昆虫,主要以蛹或老熟幼虫越冬。

贵州省位于我国西南部,属典型的喀斯特地带区,海拔从几百米到2000多米不等,从而形成了多样化的地理和气候环境,进一步导致了害虫在我省的发生和分布有别于平原地区。尽管李光博早在上世纪70年代就提出粘虫可以在西南地区低于1768 m的地区越冬的结论(李光博,1993),但一直未有粘虫在贵州越冬方面的详细报道。加上近年来全球气候的变化、耕作制度和农田生态系统的改变,粘虫本身的适应性已发生改变(江幸福等,2014)。这种适应性的改变是否会导致粘虫耐低温能力变化?是否会进一步导致粘虫在贵州越冬区域发生改变?关于此方面的研究也未见报道。为弄清楚上述问题,本研究拟通过一系列室内(测定粘虫蛹过冷却点,耐低温能力)和田间(田间笼罩实验和越冬调查)实验明确当前粘虫的耐低温能力和在贵州的越冬分布情况。研究结果对明确我省粘虫的虫源性质、预测预报和防治具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源:试验中所用粘虫于2014年5月采自金沙县清池镇,在室内利用玉米叶进行群体继代饲养。饲养条件为 22°C - 24°C ,光暗比为14:10,湿度为70%-80%。待粘虫进入老熟幼虫时,将其放入含水量约为15%-20%的沙土中化蛹,收集约2日龄的蛹备用。

仪器: Sun-IV型智能过冷却点测定仪(中国农业科学院植物保护研究所鹏程电子有限公司),海尔冰箱(BCD-241WDCV),低温恒温槽(宁波江南仪器仪器厂,型号:DC-3030)。

1.2 研究方法

1.2.1 粘虫蛹含水量与过冷却能力测定

过冷却能力测定:采用北京鹏程电子科技有限公司的Sun-IV型过冷却点测定仪测定。按如下方法进行:选取大小一致的2日龄蛹放于1.5 mL的离心管中,将过冷却点测定仪的热敏电阻感温探头与虫体充分接触,并用棉花塞住管孔防止探头脱落。将其放入 -20°C 的冰箱中。启动电源,虫体温度变化通过计算机及其配套软件进行自动记录,并实时绘制出虫体的温度变化曲线。每处理重复15次。

1.2.2 不同低温处理对粘虫蛹存活率的影响

设置的低温包括 10°C (暴露时间为10 d、30 d、50 d、70 d、90 d), 5°C (5 d、10 d、20 d、40 d、60 d)、 0°C (2 d、4 d、8 d、16 d、20 d)和 -5°C (0.5 h、1 h、2 h、4 h、8 h)四个温度,其中 10°C 、 5°C 和 0°C 低温由冰箱控制, -5°C 低温由低温恒温槽控制。具体方法为:待粘虫老熟时,将其放入盛有含水量约为20%的沙土的塑料盒中化蛹,定期观察粘虫化蛹情况,待粘虫约化蛹48 h后,将带虫盒置于上述温度下,并按时取出至于室温下,观察其存活情况。判断蛹存活的标准为处理的蛹能够在正常温度下羽化为成虫,否则视为死亡。以上每个处理接入老熟幼虫为20头,剔除未成功化蛹而死亡的虫体。重复4次。

1.2.3 粘虫蛹的田间笼罩试验

试验于11月中下旬开始进行。收集2日龄的粘虫蛹的置于盛有含水量约15%塑料盒内,盖上2-3 cm含水10%左右的土,盖上带有小孔的盖子,供其呼吸。每隔10 d观察取出一部分蛹,观察其存活情况,直到100 d。以上每个处理为20头幼虫或蛹,重复3次。

1.2.4 粘虫的越冬调查

粘虫属于间歇性爆发害虫，其发生地点具有不确定性。因此，本实验选择 2014 – 2015 年二代粘虫发生较重的地点进行越冬调查。调查地点包括黔南、黔西南、毕节市、安顺市、贵阳市 5 个州或市，每个地区选择 2 – 4 个点代表性的点，在其发生地的土坎、田埂边和草丛中调查粘虫蛹的越冬情况。每个发生地随机挑选 10 个点，每个点面积为 1 m²，记录粘虫越冬的生境和虫态。

1.3 数据统计与分析

试验数据的统计分析在 Excel 2007 与 DPS7.05 中进行。采用 One-Way ANOVA 进行单因素方差分析，并利用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较分析，最后采用 Sigmaplot 软件作图。

2 结果与分析

2.1 粘虫蛹过冷却能力测定

结果见图 1，粘虫 2 日龄蛹的过冷却点为 -14.95℃，结冰点为 -9.52℃（图 1）。

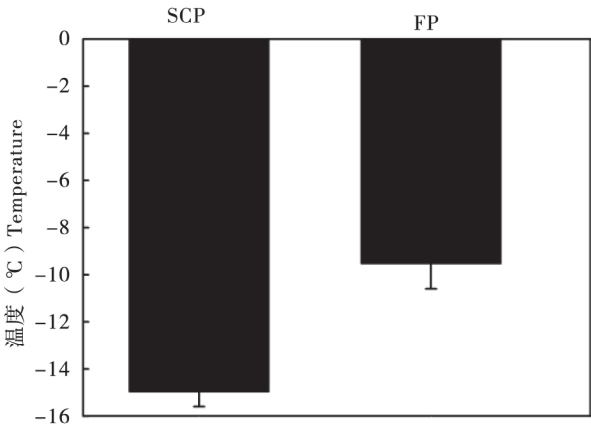


图 1 粘虫 2 日龄蛹的过冷却点和结冰点
Fig.1 The supercooling point (SCP) and freezing point (FP) of 2-day *Mythimna separata* pupae
注：图中每个数值为 15 个重复的平均值，表示为平均值 ± 标准误。 Note: Each value was mean of 15 replicates, and represented as means ± SE.

2.2 不同低温处理对粘虫蛹存活率的影响

如图 2 所示，在不同低温下，处理时间对粘虫 2 日龄蛹的存活率具有显著影响（10℃：F_{19,4} = 106.02，P = 0.0001；5℃：F_{19,4} = 67.69，P =

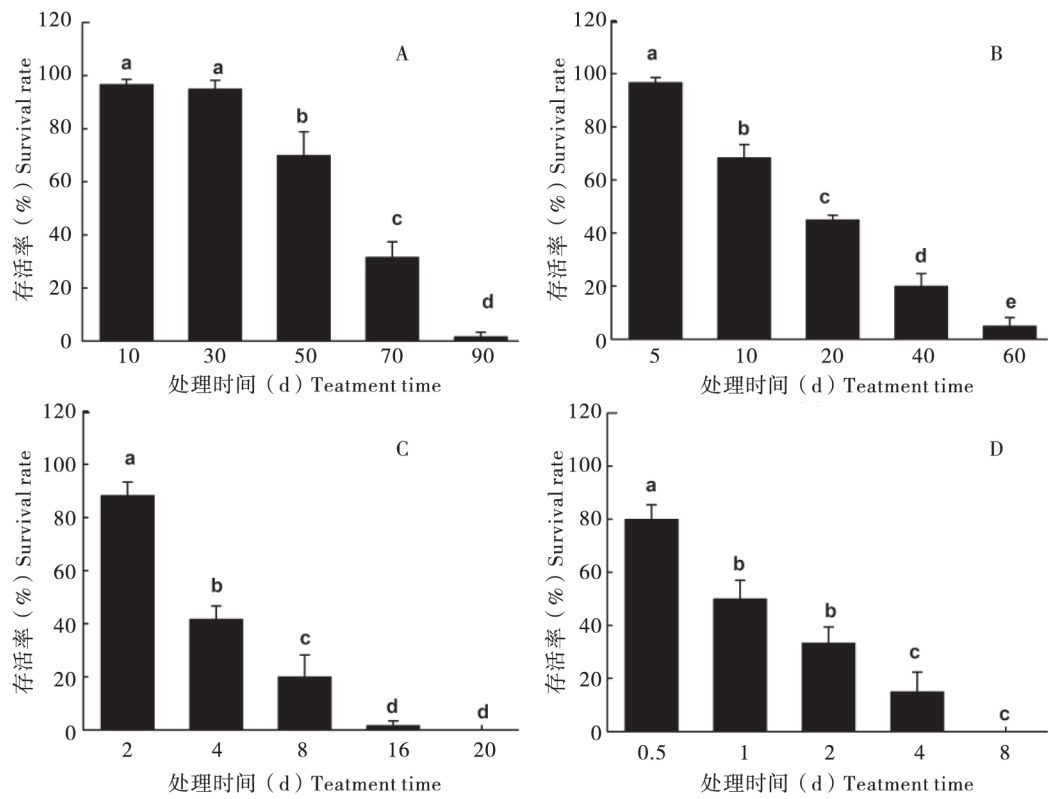


图 2 不同低温下处理时间对粘虫 2 日龄蛹存活率的影响

Fig.2 Effects of exposure time on survival rate of 2-day *Mythimna separata* pupae under different low temperatures

注：图中不同字母表示在 0.05 水平上具有差异显著性。A，B，C，D 分别代表 10℃、5℃、0℃和 -5℃。 Note: Different lower letters in figure indicate significant difference among exposure time. A, B, C and D represent 10℃、5℃、0℃ and 5℃, respectively.

0.0001; 0℃: $F_{19,4} = 55.90$, $P = 0.0001$; -5℃: $F_{19,4} = 28.59$, $P = 0.0001$)。总体趋势是: 在各温度下随处理时间的延长存活率逐渐降低。例如, 在10℃下处理30 d, 其存活率为96.67%; 处理70 d后存活率为20.00%, 至90 d仅有5.00%的蛹存活。在-5℃下, 处理0.5 h后的存活率为80.00%, 处理4 h后, 存活率为15.00%, 而处理8 h后存活率为0。

2.3 粘虫蛹越冬的田间笼罩实验

于2014年11月20日-2015年3月2日在贵

阳进行了粘虫蛹的田间笼罩实验。结果表明, 随着埋蛹时间的延长蛹的存活率显著下降 ($F_{32,10} = 18.63$, $P = 0.0001$)。埋蛹后20 d时, 蛹的存活率为100%; 30 d时存活率为96.67%; 至埋蛹100 d (3月2日) 时, 其存活率为46.67% (图3)。对埋蛹期间的温度变化情况分析发现, 此时段温度波动较大, 但气温大多在0℃以上, 最高温度仅有2015年1月23日低于0℃; 对最低气温而言, 2015年1月23日, 31日, 2月1-2日的气温低于0℃ (图4)。

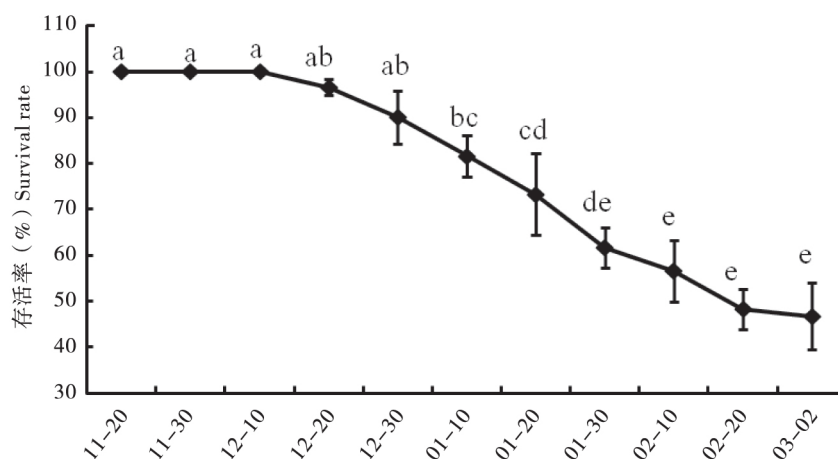


图3 2014年11月-2015年3月粘虫2日龄蛹的越冬存活曲线

Fig. 3 Survival rate curve of 2-day *Mythimna separata* pupae from November, 2014 to March, 2015

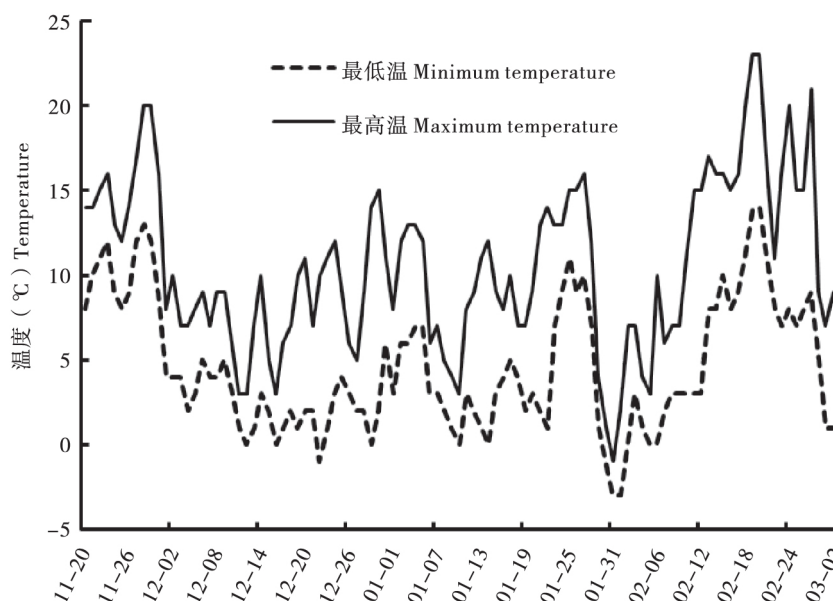


图4 2014年11月-2015年3月粘虫蛹越冬期间天气变化情况

Fig. 4 The temperature variation from November, 2014 to March, 2015 during *Mythimna separata* pupae overwintering

注: 图中黑色实线和虚线代表最高温度和最低温度。Note: Solid line and dotted line represent the maximum and the minimum temperature, respectively.

2.4 粘虫田间越冬情况调查

于 2014 – 2015 年的冬季对粘虫在我省越冬情况进行了调查。结果表明，所调查区域涉及 4 市 12 个点，共发现 30 头越冬粘虫，其中老熟幼虫 1 头，蛹 29 头。从调查区域来看，除在贵阳外，在安顺、毕节、黔南、黔西南均发现少量越冬的

老熟幼虫或蛹。从调查地区的海拔来看，除黔西县重新镇以外，调查到蛹的地方海拔都低于 1000 m；从调查生境来看，粘虫喜好在闲置的玉米、水稻和甘蔗田旁杂草丛中越冬，而在管理较好的农田周围未发现其越冬（表 1）。

表 1 粘虫田间越冬情况调查
Table 1 Survey on *Mythimna separata* overwintering in the field

地点 Location	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 (m) Altitude	数量 (头) Number	虫态 Development stage	生境 Habitat
平坝龙井 Pingba, Longjing	E106°16′52. 5″	N26°24′22. 7″	1243	0	—	水稻田 Rice field
紫云县马寨 Ziyun, Mazai	E106°12′19. 71″	N25°27′38. 44″	1241	1	老熟幼虫 Old larva	玉米地 Corn field
清镇市奶牛场 Qingzhen, Nainiuchang	E106°27′54. 3″	N26°33′48. 6″	1183	0	—	牧草地 Grassland
清镇市红枫湖 Qingzhen, Hongfenghu	E106°25′32″	N26°31′48. 2″	1281	0	—	玉米地 Corn field
清镇市鸭池河 Qingzhen, Yachihe	E106°10′21″	N26°51′24. 9″	958	0	—	玉米地 Corn field
金沙县群力村 jinsha, Qunli	E106°11′28. 2″	N27°29′14. 1″	934	4	蛹 Pupa	玉米地 Corn field
黔西县重新 Qianxi, Chongxin	E106°12′32. 7″	N27°17′17″	1235	4	蛹 Pupa	玉米地 Corn field
罗甸县洛脚河 Luodian, Luojiarhe	E106°43′21. 8″	N25°27′8. 7″	425	1	蛹 Pupa	水稻田 Rice field
罗甸县罗因 Luodian, Luokun	E106°36′32. 3″	N25°19′26. 8″	542	5	蛹 Pupa	水稻田 Rice field
长顺县威远 Changshun, Wei yuan	E106°10′3. 2″	N25°47′21. 8″	1073	0	—	水稻田 Rice field
贞丰县白层 Zhenfeng, Baiceng	E105°43′48. 9″	N25°23′40. 6″	534	11	蛹 Pupa	甘蔗地 Sugarcane field
册亨县城郊 Ceheng, Suburb	E105°51′20. 8″	N25°02′33. 5″	591	4	蛹 Pupa	甘蔗地 Sugarcane field

3 结论与讨论

粘虫作为一种重要的迁飞害虫和农业害虫，

其越冬规律早在上世纪 50 – 70 年代已被大量研究。当时的研究认为，粘虫在我国的越冬气候带位于 27 – 33°N，主要以老熟幼虫或蛹潜伏于稻根茬、稻田埂和杂草等环境中越冬；进一步对我国西部

地区粘虫越冬区划的研究表明,在西南地区粘虫越冬呈立体垂直分布,海拔低的地区粘虫可终年危害,海拔超过 1768 m 的地区很难越冬(李光博,1993)。随着全球气候变暖的加剧,南方作物品种、布局和耕作的改变,可能会导致粘虫越冬北界北移,越冬区域扩大,越冬存活率提高(李淑华,1994),这些变化直接影响翌年全国粘虫的发生危害程度,因此,研究粘虫越冬规律变化不仅有利于提高其监测预警准确率,还有利于科学治理粘虫越冬虫源(江幸福,2014)。

明确当前粘虫越冬规律的第一步就是评估粘虫的耐低温能力,而过冷却能力则是评价其耐低温能力的 1 个重要指标。本研究发现 2 日龄蛹的过冷却点为 -14.95°C ,而结冰点为 -9.52°C ,单就这一指标而言粘虫的耐低温能力较强。同时,这一结果明显低于蒲蛰龙等的研究结果(SCP 和 FP 分别为: -24°C 和 -11.7°C)(蒲蛰龙等,1961),但高于丛胜波等的研究结果(丛胜波等,2015)。与前者出现如此大差异的原因可能是于过冷却测定仪精确度不同而造成的,而与后者的差别可能由试验中所使用的地理虫群和虫龄不同引起的。已有研究表明,很多昆虫在过冷却点以上的亚致死温度就可导致大量死亡,可见过冷却点不能作为其耐低温能力的唯一评价指标,而应直接取决于其在低温下的存活率。本研究发现,在各温度下随处理时间的延长存活率逐渐降低。例如,在 10°C 下处理 30 d 后,其存活率高达 95.00%;处理 70 d 后存活率为 20.00%,至 90 d 仅有 5.00% 的蛹存活。在 -5°C 下,处理 0.5 h 后的存活率为 80.00%,处理 4 h 后,存活率为 15.00%,而处理 8 h 后存活率为 0。可见,低温和暴露时间及二者的交互作用对粘虫的存活率具有明显影响,尤其是 0°C 以下的低温对粘虫的存活极为不利。同时,综合过冷却点和低温存活率 2 个指标分析发现,粘虫属于不耐结冰型昆虫,因为其在高于过冷却点的温度处理短短的几小时就大量死亡(Kostal *et al.*, 1998)。

昆虫在越冬过程中所处环境的温度是不断变化的。为更客观评价粘虫的耐低温能力,本研究于 2014 年 11 月–2015 年 3 月期间进行了粘虫 2 日龄蛹越冬的田间笼罩实验。研究结果表明,随着埋蛹时间的延长,蛹的存活率逐渐降低,但至埋蛹 100 d 时其存活仍高达 46.67%。因此,通过本研究可以初步判定粘虫可以在贵州地区越冬

(因为在贵州其它地区的冬季低温要高于贵阳地区)。为了进一步验证上述结论,本研究进一步对海拔在 425–1243 m 范围的潜在越冬区内粘虫的越冬情况进行了调查。结果显示,在安顺、黔南、黔西南和毕节部分地区都发现了少量粘虫,且越冬虫态多以蛹为主,从而证明了粘虫可以在贵州地区越冬的结论。同时,田间调查这一结果与李光博认为的粘虫在西南地区海拔 1768 m 以内地区越冬的结论一致(李光博,1993)。此外,通过对比田间调查和笼罩试验发现,其越冬虫量相差较大,这表明粘虫的越冬数量与其所处的气候条件、农作物种类和耕作制度等众多因素相关。值得一提的是,限于粘虫越冬种群数量较少,本研究未对海拔高于 1768 m 地区粘虫的越冬情况进行调查。因此,今后有必要在此部分地区进行粘虫的越冬笼罩实验和越冬调查实验,以明确全球气候变化背景下粘虫在我省的越冬区域是否扩大。

综上所述,本研究通过一系列室内和室外试验证明粘虫可以以老熟幼虫和蛹等虫态在贵州的低海拔地区成功越冬。

参考文献 (References)

- Bales JS, Masters GJ, Hodkinson ID, *et al.* Herbivory in global climate change research: Direct effects of rising temperature on insect herbivores [J]. *Global Change Biology*, 2002, 8 (1): 1–16.
- Chen CP, Denlinger DL, Lee RE. Cold shock injury and rapid cold hardening in the flesh fly *Sarcophaga crassipalpis* [J]. *Physiological Zoology*, 1987, 60 (3): 297–300.
- Cong SB, Wang P, Huang MS, *et al.* Population dynamics and wintering pattern of *Mythimna separata* Walker in Wuhan [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2015, 54 (23): 5904–5907. [丛胜波, 万鹏, 黄民松, 等. 武汉地区粘虫的种群动态及越冬规律 [J]. 湖北农业科学, 2015, 54 (23): 5904–5907]
- Guo YY. Illustrations with real examples of using ecological regulation strategies against crop pests in China [J]. *Plant Protection*, 2006, 32 (2): 1–4. 郭予元. 我国农作物病虫害生态调控实例分析 [J]. 植物保护, 2006, 32 (2): 1–4]
- Guppy JC. Some effects of temperature on the immature stages of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae) under controlled conditions [J]. *Canadian Entomologist*, 1969, 101 (12): 1320–1327.
- Jiang XF, Liu YQ, Luo LZ, *et al.* Effects of high temperature on immature stages's development of the *Mythimna separata* [J]. *Journal of Beijing Agricultural College*, 1998, 13 (2): 20–26. [江幸福, 刘悦秋, 罗礼智, 等. 高温对粘虫未成熟期生长发育的影响 [J]. 北京农学院学报, 1998, 13 (2): 20–26]
- Jiang XF, Luo LZ, Hu Y. Influence of rearing temperature on flight and reproductive capacity of adult oriental armyworm, *Mythimna separata*

- (Walker) [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20 (2): 288–292.
- 江幸福, 罗礼智, 胡毅. 饲养温度对粘虫飞行和生殖能力的影响 [J]. *生态学报*, 2000, 20 (2): 288–292]
- Jiang XF, Zhang L, Chen YX, *et al.* Current status and trends in research on the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) in China [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51 (4): 881–889. 江幸福, 张蕾, 程云霞, 等. 我国粘虫研究现状及发展趋势 [J]. *应用昆虫学报*, 2014, 51 (4): 881–889]
- Jiang YY, Li GC, Zeng J, *et al.* Population dynamics of the armyworm in China: A review of the past 60 years' research [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51 (4): 890–898. 姜玉英, 李春广, 曾娟, 等. 我国粘虫发生概况: 60 年回顾 [J]. *应用昆虫学报*, 2014, 51 (4): 890–898]
- Kostal V, Sula J, Simek P. Physiology of drought tolerance and cold hardiness of the Mediterranean tiger moth *Cymbalophora pudica* during summer diapause [J]. *Journal of Insect Physiology*, 1998, 44 (2): 165–173.
- Li GB. Occurrence and integrated management of the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 1980, 3: 3–37. 李光博. 粘虫发生规律与综合防治技术 [J]. *农业科技情报*, 1980, 3: 3–37]
- Li GB. Research summary and advances of the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) in China [J]. *Plant Protection*, 1993, 19 (6): 2–4. 李光博. 我国粘虫研究概况及主要进展 [J]. *植保保护*, 1993, 19 (6): 2–4]
- Li SH. Correlation between climate change and development, reproduction, overwintering and migration of insect pest [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 1994, 9 (2): 110–114. 李淑华. 气候变化与害虫的生长繁殖、越冬和迁飞 [J]. *华北农学报*, 1994, 9 (2): 110–114]
- Li XZ, Gong PY, Wu KJ. Life table and calories for development of *Mythimna separata* under different temperature [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1992, 35 (4): 415–421. 李秀珍, 龚佩瑜, 吴坤君. 粘虫在不同温度下的生命表及其发育的热量需要 [J]. *昆虫学报*, 1992, 35 (4): 415–421]
- Pu ZL, Zhu JL, Chen XW, *et al.* Cold hardiness of insect: Measures of supercooling and freezing point of *Pseudaletia separata* (Wlk.) and *Spodoptera litura* [J]. *Journal of Sun Yat-sen University*, 1961, 1: 30–36. 蒲蛰龙, 朱金亮, 陈熙雯, 等. 昆虫抗寒性研究: 粘虫 *Pseudaletia separata* (Wlk.) 和斜纹夜蛾 *Prodenia litura* 的过冷却及冻结点温度测定 [J]. *中山大学学报*, 1961, 1: 30–36]
- Smith AM. Larval instar determination and temperature-development studies of immature stages of the common armyworm, *Mythimna convecta* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Journal of Australia Entomological Society*, 1984, 23 (2): 91–97.
- Wu XG, Huang XH, Zhu JL, *et al.* Research IV on the armyworm, *Mythimna separata*: A comparison on measures and research method for threshold and effective accumulative temperature [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1964, 13 (5): 649–658. 鄢祥光, 黄心华, 朱金亮, 等. 南方粘虫之研究? 粘虫的发育起点、有效积温常数的测定及其研究方法、计算方法的比较 [J]. *昆虫学报*, 1964, 13 (5): 649–658]
- Ye ZH. Major Agricultural Disasters and Reduction Countermeasures in China [M]. Beijing: Sciencetech Press, 1993: 549–602. 叶志华. 中国重大农业生物灾害及减灾对策 [M]. 北京: 科学出版社, 1993: 549–602]
- Zhang YH, Zhang Z, Jiang YY, *et al.* Preliminary of the outbreak of the third generation armyworm, *Mythimna separata* in China in 2012 [J]. *Plant Protection*, 2012, 38 (5): 1–8. 张云慧, 张智, 姜玉英, 等. 2012 年三代黏虫大发生原因初步分析 [J]. *植物保护*, 2012, 38 (5): 1–8]