



## 粘虫在中国西部越冬北界探讨

周靖华<sup>1</sup>,高其琴<sup>2</sup>,刘雪莹<sup>3,4</sup>,李引<sup>3,4</sup>,孙聪<sup>3,4</sup>,  
姜伟<sup>3,4</sup>,仵均祥<sup>3,4</sup>,李怡萍<sup>3,4</sup>

(1. 陕西省现代农业培训中心,西安 710003;2. 旬阳市农业综合执法大队,陕西旬阳 725700;

3. 西北农林科技大学,植保资源与病虫害治理教育部重点实验室,陕西杨凌 712100;

4. 西北农林科技大学,农业部西北黄土高原作物有害生物综合治理重点实验室,陕西杨凌 712100)

**摘要** 粘虫每年会在越冬区和非越冬区进行季节性的往返迁飞,20世纪60年代将粘虫在中国东部地区的越冬北界确定为33°N,但其在西部地区越冬的相关信息一直未见报道。为确定粘虫在中国西部33°N能否越冬,于2015年至2018年在中国西部33°N附近的汉中、安康及杨凌3个地区设置观察点展开调查。每年11月将室内饲养的粘虫末龄幼虫放置在观察点进行笼罩试验,12月至翌年3月定期调查粘虫的存活率。结果表明:自12月至翌年3月,粘虫在3个地区的越冬存活率呈下降趋势。自2016年至2018年每年的3月份,汉中地区粘虫的最高存活率分别为:3.77%±0.80%,2.33%±0.60%,0.17%±0.17%;安康地区分别为:4.00%±0.38%,1.83%±1.01%,1.83%±0.12%;杨凌地区分别为:0,0.15%±0.04%,0.63%±0.08%。并且在越冬结束时,汉中地区成功羽化的最高粘虫成虫数量分别为8头、9头、1头;安康地区分别为9头、8头、4头;杨凌地区分别为0头、1头、2头。初步认为:粘虫在中国西部33°N附近的陕西地区零星个体可以顺利越冬。同时首次探明粘虫在中国西部地区的越冬界限可能在33°N以北。

**关键词** 粘虫存活率;冬季气温;33°N;越冬界限

**中图分类号** S433.4

**文献标志码** A

**文章编号** 1004-1389(2021)06-0921-08

粘虫 *Mythimna separate* (Walker), 又名“行军虫”“剃枝虫”, 属鳞翅目 (Lepidoptera) 夜蛾科 (Noctuidae), 在世界范围内均有广泛分布, 在中国除新疆地区未见报道外, 其他各省、市、自治区均有不同程度的发生<sup>[1-2]</sup>。粘虫是一种多食性害虫, 对谷类粮食作物、经济作物和蔬菜等104种16科的作物都能造成严重危害<sup>[3]</sup>。2012年粘虫在中国大面积爆发, 受危害作物面积达5000万hm<sup>2</sup>, 其中650万hm<sup>2</sup>遭到严重破坏, 多数省份危害程度创历史新高, 导致农作物减产甚至绝收, 经济损失严重<sup>[4-5]</sup>。因此, 粘虫是一种严重危害粮食作物生产的农业害虫, 给中国粮食生产带来极大威胁<sup>[6]</sup>。

粘虫的发育不存在滞育阶段, 只要气候适宜便可以连续繁殖。各地植保站通过对粘虫发生规律的调查以及迁飞行为的研究, 均证明粘虫具有季节性的由北向南的迁徙活动<sup>[7-12]</sup>。迁飞习性也

是粘虫给农作物带来严重危害的重要原因, 该虫在中国东部地区每年大致有4次迁飞活动, 第1、2次迁飞活动发生于春夏季, 多是羽化的1代粘虫成虫由33°N以南地区迁飞到江南流域至华北、东北地区; 而后两次则是在秋季由北返南, 2代、3代粘虫成虫回迁至华北、西南及华南地区繁殖为害<sup>[1,13]</sup>。除此之外, 众多学者也从生理生化、遗传、环境等多个方面对粘虫的迁飞机制进行剖析, 从而对该虫的迁飞行为有了进一步的认知<sup>[14-16]</sup>。由于粘虫具有典型的季节性远距离迁飞习性, 且该习性更加重粘虫对农作物的危害程度, 导致农业生产损失惨重。因此, 近年来许多学者对粘虫展开广泛研究, 已经对该虫在中国的发生规律、全年各代发生区域、发生动态及迁飞习性有了充分了解, 为该虫的田间防治提供一定理论依据<sup>[17]</sup>。

20世纪60—70年代, 李光博<sup>[13]</sup>通过大量田

收稿日期:2021-01-25 修回日期:2021-03-07

基金项目:国家重点研发计划(2017YFD0201800);国家公益性行业(农业)科研专项(201403031);国家自然科学基金(31871971)。

第一作者:周靖华,男,高级农艺师,从事植物保研究。E-mail:724059689@qq.com

通信作者:李怡萍,女,博士,教授,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:liyiping@nwsuaf.edu.cn

间越冬调查并结合各地气象资料进行分析,首次将 1 月份 0 °C 等温线(相当于 33°N)确定为粘虫在中国东部地区的越冬北界。张履鸿等<sup>[18]</sup>曾在中国北方地区把粘虫的蛹和幼虫置于自然环境中进行观察,到冬天调查时发现蛹和幼虫全部死亡。张智等<sup>[2]</sup>发现粘虫在 33°N 以北的北京延庆无法越冬存活。长久以来,许多学者都认为粘虫在中国东部北纬 33°线以北不能越冬。但随着全球气候变暖,作物种植结构布局和耕作栽培制度等农事作业的变化,以及粘虫自身适应性和遗传变异等因素变化,加之中国东西部地区存在气候差异,已确认的东半部越冬北界可能并不适用于西部地区,并且粘虫在中国西部地区的相关信息也一直未见报道。

鉴于以上现状,本研究通过在中国西部地区 33°N 附近的汉中、安康、杨凌 3 个地区设点调查粘虫的越冬存活率,探究粘虫在西部地区的越冬情况,以明确该虫在中国西部地区 33°N 能否成功越冬,初步明确 20 世纪 60 至 70 年代确定的粘

虫在东部地区的越冬北界即 1 月份 0 °C 等温线(33°N)是否适用于西部地区,为正确评估粘虫在不同地理位置的越冬能力及改进粘虫的防治策略提供一定参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试虫源与调查地点

1.1.1 供试虫源 供试粘虫于 2014 年 7 月采自陕西省兴平市,在人工气候箱内(温度 25 °C、相对湿度 70%、光周期 L : D = 14 : 10)用野燕麦 *Avena fatua* L. 叶片饲养至今。

1.1.2 调查地点 汉中市:南郑县法镇、南郑县胡家营镇塘坎村、汉台区老君镇五丰村、汉台区河东店镇;安康市:旬阳县段家河镇、旬阳县赵湾镇、旬阳县小河镇、旬阳县吕河镇;杨凌区:西北农林科技大学北校区试验农场。相邻两个调查地点之间纬度垂直距离相差 15 km,纬度值相差约 0.15°。各调查地点的详细经纬度见表 1。

表 1 粘虫越冬调查放置地点经纬度

Table 1 Longitude, latitude and altitude of locations for overwintering survival of *M. separate*

地点 Location	经纬度 Longitude and latitude	海拔/m Altitude	
汉中 Hanzhong	法镇 Fa town	107.129 6°E, 32.856 2°N	641
	塘坎 Tangkan	107.034 6°E, 33.013 1°N	523
	五丰 Wufeng	107.036 3°E, 33.140 8°N	538
	河东店 Hedongdian	106.971 2°E, 33.246 1°N	567
安康 Ankang	段家河 Duanjiahe	109.315 0°E, 32.761 8°N	226
	赵湾 Zhaowan	109.172 3°E, 33.000 0°N	386
	小河 Xiaohu	109.164 2°E, 33.115 8°N	349
	吕河 Lühe	109.365 2°E, 32.774 1°N	385
杨凌 Yangling 西北农林科技大学 Northwest A&F University	108.083 1°E, 34.289 3°N	511	

### 1.2 粘虫越冬存活率调查方法

于 2015 年至 2018 年 11 月至翌年 3 月进行粘虫越冬情况的调查。于每年 11 月在汉中、安康、杨凌 3 个地区放置室内饲养的粘虫末龄幼虫进行野外笼罩试验。每个观察点随机选取 3 个样点,每个样点面积为 2 500 cm<sup>2</sup> (50 cm × 50 cm)。在土壤表面垫一层新鲜玉米叶,以补充粘虫生长发育过程中所需的营养,每个样点放置粘虫末龄幼虫 200 头,用养虫笼罩住防止其逃逸,并标号记录。从 12 月开始至翌年 3 月每月定期调查,统计粘虫的存活率,以明确粘虫的田间越冬状况。

## 2 结果与分析

### 2.1 汉中市粘虫越冬情况

2.1.1 2015—2016 年粘虫越冬情况 2015—2016 年汉中地区粘虫的越冬存活率如表 2 所示,越冬期间粘虫的存活率在 3 个观察点自 12 月至翌年 3 月逐渐降低。塘坎和五丰两地在 4 个月份中的最低存活率分别为 3.77% 和 1.56%,而法镇的最低存活率为 0。法镇位于汉中市南部的山谷中,而塘坎和五丰则位于地势平坦的市区,地势差异导致法镇的年平均气温要低于其他两地。加之 2016 年 2 月下旬,汉中市突遇暴雪天气,月平均

低温处于 0℃ 以下,当塘坎和五丰的积雪已经基本融化时,法镇由于地势原因仍有较多积雪,导致该地气温偏低。由此可知,地势条件及温度差异是造成法镇粘虫存活率较低的主要原因。五丰与塘坎相比纬度位置略北,粘虫存活率自 12 月至翌年 3 月分别为 57.78%、26.89%、10.67%、

1.56%,略低于塘坎的存活率。塘坎与五丰两地的地形情况大致相同,都位于郊区的空旷地区,因此,该两地的存活率能反映粘虫在田间的真实越冬状况。塘坎与五丰两地数据均能说明粘虫在汉中地区可以成功越冬。

表 2 2015—2016 年汉中市粘虫越冬存活率

Table 2 Survivals rate of *M. separata* during overwintering in Hanzhong from 2015 to 2016

项目 Item	12 月 Dec	1 月 Jan	2 月 Feb	3 月 Mar
平均高温/℃ Average high temperature	13	9	7	11
平均低温/℃ Average low temperature	8	1	-1	1
存活率/% Survival rate				
法镇 (32.856 2°N) Fa town	55.04±1.43 a	22.44±1.56 a	11.11±0.59 a	0 a
塘坎 (33.013 1°N) Tangkan	59.72±1.59 a	30.22±1.90 a	15.11±1.46 a	3.77±0.80 a
五丰 (33.140 8°N) Wufeng	57.78±1.57 a	26.89±2.25 a	10.67±1.38 a	1.56±1.56 a

注:存活率数据为“平均值±标准差”;同列数据后标有不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验差异显著( $P<0.05$ )。下表同。

Note: Data are mean±SE, and those in the same column followed by different small letters are significantly different ( $P<0.05$ ) by Duncan's new multiple range test. The same below.

2.1.2 2016—2017 年粘虫越冬情况 2016—2017 年汉中地区粘虫的越冬存活情况见表 3,越冬过程中粘虫的存活率在 3 个观察点自 12 月至翌年 3 月逐渐降低。五丰和河东店最低存活率分别为 2.33% 和 1.83%,塘坎最低存活率为 0。塘坎在 3 个观察点中纬度最低,但粘虫存活率明显低于五丰和河东店,可能由于该观察点地处油菜种植田,频繁的农事灌溉阻碍了粘虫的生存。位于 3 个观察点最北部的河东店存活率最低,自 12 月至翌年 3 月分别为 45.00%、20.50%、5.33%、

1.83%。第 1 年所取的法镇位于山谷中,与其他两地地形差异较大,因此,第 2 年将法镇改为河东店。汉中市在 2017 年 3 月份遭遇持续半月的降雨天气,导致粘虫在 3 个观察点 3 月份的存活率较去年明显降低,极端的气候条件阻碍了粘虫的越冬及存活。在 3 月份进行调查时,已经在五丰的 2 号养虫笼中发现 4 头已成功羽化的成虫,其中 1 头成虫已死亡。五丰和河东店两地数据均说明粘虫在汉中地区可以成功越冬。

表 3 2016—2017 年汉中市粘虫越冬存活率

Table 3 Survivals rate of *M. separata* during overwintering in Hanzhong from 2016 to 2017

项目 Item	12 月 Dec	1 月 Jan	2 月 Feb	3 月 Mar
平均高温/℃ Average high temperature	11	8	11	16
平均低温/℃ Average low temperature	3	2	3	8
存活率/% Survival rate				
塘坎 (33.013 1°N) Tangkan	44.00±1.52 a	20.17±1.2 Aa	3.33±1.69 a	0 Aa
五丰 (33.140 8°N) Wufeng	60.00±2.46 b	31.67±1.96 b	11.00±0.58 a	2.33±0.60 Aa
河东店 (33.246 1°N) Hedongdian	45.00±2.48 a	20.50±2.02 a	5.33±2.68 a	1.83±1.36 Aa

2.1.3 2017—2018 年粘虫越冬情况 2017—2018 年汉中地区粘虫的越冬存活情况见表 4,越冬过程中粘虫的存活率在 3 个观察点自 12 月至翌年 3 月整体呈下降趋势。2018 年 1 月下旬汉中遇大雪天气,1 月份平均低温达 -1℃。五丰和河东店最低存活率均为 0.17%,塘坎最低存活率为 0。3 个观察点中纬度最低的塘坎在 2 月和

3 月的粘虫存活率略低于五丰和河东店,可能是由于该田块处于冬季农事作业较为频繁的油菜种植田中,灌溉导致土表湿冷,在一定程度上影响了粘虫的存活率。五丰与河东店两地的地形情况相似,且两地在 2018 年 3 月份均发现仍有存活的粘虫。五丰和河东店两地数据均说明粘虫在汉中地区可以成功越冬。

表 4 2017—2018 年汉中市粘虫越冬存活率

Table 4 Survivals rate of *M. separata* during overwintering in Hanzhong from 2017 to 2018

项目 Item	12 月 Dec	1 月 Jan	2 月 Feb	3 月 Mar
平均高温/°C Average high temperature	10	6	10	20
平均低温/°C Average low temperature	1	-1	1	7
存活率/% Survival rate				
塘坎(33.013 1°N) Tangkan	51.83±1.09 a	44.33±1.20 a	10.83±2.83 a	0 Aa
五丰(33.140 8°N) Wufeng	51.83±7.01 a	39.50±2.00 a	22.83±7.37 a	0.17±0.17 a
河东店(33.246 1°N) Hedongdian	46.33±0.88 a	39.83±0.92 a	12.00±2.08 ab	0.17±0.17 a

2.2 安康市粘虫越冬情况

2.2.1 2015—2016 年粘虫越冬情况 2015—2016 年安康地区粘虫的越冬存活情况如表 5 所示,越冬过程中粘虫的存活率在 3 个观察点自 12 月至翌年 3 月整体呈下降趋势。段家河和赵湾最低存活率分别为 2.67% 和 4%,小河地处 3 个观察点的最北部,较高的纬度位置使得粘虫的存活率略低于其他两个观察点。段家河、赵湾和小河均位于安康市旬阳县郊区附近的蔬菜种植地,田间农事活动一定程度上破坏了室外放置的试验粘虫,对粘虫的存活率造成一定影响。段家河的试验粘虫在 1 月份遭到损坏,3 组重复中仅剩 1 组保存完整,导致该观察点的粘虫存活率略低于位于中间位置的赵湾。而小河 3 组重复在 3 月份均遭到破坏,导致该地 3 月份越冬存活率数据缺失。

段家河和赵湾两地数据均说明粘虫在安康地区可以成功越冬。

2.2.2 2016—2017 年粘虫越冬情况 2016—2017 年安康地区粘虫的越冬存活情况如表 6 所示,越冬过程中粘虫的存活率在 3 个观察点自 12 月至翌年 3 月整体呈下降趋势。吕河和赵湾最低存活率分别为 1.67% 和 1.83%,小河最低存活率为 0。由于去年段家河观察点的 3 组重复全部被破坏导致数据缺失,为避免该情况再次出现干扰试验结果,所以,该年选取地势结构相似的吕河代替段家河。在 2 月份进行越冬情况调查时,已经在赵湾发现羽化成功的成虫和正在羽化的蛹。在 3 月份进行调查时,位于吕河的 3 号重复中已有 8 头成虫成功羽化。吕河和赵湾两地数据均说明粘虫在安康地区可以成功越冬。

表 5 2015—2016 年安康市粘虫越冬存活率

Table 5 Survivals rate of *M. separata* during overwintering in Ankang from 2015 to 2016

项目 Item	12 月 Dec	1 月 Jan	2 月 Feb	3 月 Mar
平均高温/°C Average high temperature	15	11	9	14
平均低温/°C Average low temperature	9	2	0	2
存活率/% Survival rate				
段家河(32.761 8°N) Duanjiahe	57.08±1.32 a	30.00 a	15.33 a	2.67 a
赵湾(33.000 0°N) Zhaowan	61.23±1.49 a	31.56±1.55 a	19.11±1.55 a	4.00±0.38 a
小河(33.115 8°N) Xiaohe	51.32±1.06 a	25.33±1.39 a	8.44±0.80 b	—

注:段家河观察点供试虫源遭到损坏,3 组重复中仅剩 1 组保存完整;“—”表示小河观察点 3 组重复全部遭到破坏,数据缺失。

Note:*M. separata* sources in Duanjiahe observation point was damaged, only one group of repetition in the three group was kept completely;— represents all the repetitions were damaged, data missing.

表 6 2016—2017 年安康市粘虫越冬存活率

Table 6 Survivals rate of *M. separata* during overwintering in Ankang from 2016 to 2017

项目 Item	12 月 Dec	1 月 Jan	2 月 Feb	3 月 Mar
平均高温/°C Average high temperature	13	10	14	17
平均低温/°C Average low temperature	3	2	3	8
存活率/% Survival rate				
吕河(32.774 1°N) Lühe	37.50±1.80 a	25.50±1.73 a	13.50±0.58 a	1.67±1.20 a
赵湾(33.000 0°N) Zhaowan	50.00±1.44 b	28.67±1.30 a	9.67±0.60 b	1.83±1.01 a
小河(33.115 8°N) Xiaohe	51.67±2.03 b	30.67±1.42 a	10.17±0.73 ab	0 a

2.2.3 2017—2018 年粘虫越冬情况 2017—2018 年安康地区粘虫的越冬存活情况见表 7,越冬过程中存活率在 3 个观察点自 12 月至翌年 3 月整体呈下降趋势。其中小河镇因道路施工缘故,处于农户未耕种荒草地中,机械操作在一定程度上影响了粘虫的存活率。2017 年 12 月和 2018

年 1 月 3 个观察点粘虫越冬存活率差异性不显著,而 2018 年 2 月份,三地粘虫越冬存活率存在一定程度的差异,位于最南部的吕河粘虫越冬存活率显著高于中部的赵湾和北部的小河。吕河和赵湾两地数据均说明粘虫在安康地区可以成功越冬。

表 7 2017—2018 年安康市粘虫越冬存活率

Table 7 Survivals rate of *M. separata* during overwintering in Ankang from 2017 to 2018

项目 Item	12 月 Dec	1 月 Jan	2 月 Feb	3 月 Mar
平均高温/°C Average high temperature	11	7	13	20
平均低温/°C Average low temperature	1	-1	1	8
存活率/% Survival rate				
吕河(32.774 1°N) Lühe	58.17±3.92 a	49.83±1.80 a	14.50±0.58 b	1.83±0.12 a
赵湾(33.000 0°N) Zhaowan	65.17±1.92 a	54.00±3.97 a	4.67±1.09 a	1.50±0.17 a
小河(33.115 8°N) Xiaohe	65.50±2.31 a	52.17.±1.59 a	3.50±1.00 a	0 a

### 2.3 杨凌区粘虫越冬情况

2015 年至 2018 年在杨凌区西北农林科技大学北校农场放置粘虫末龄幼虫进行观察,以明确粘虫的越冬情况。该地区处于 3 个观察点的最北端,纬度位置最高,自 12 月至翌年 2 月的平均低温连续 3 a 均低于 0 °C。在 2015 年 12 月上旬的调查过程中,发现放置的粘虫老熟幼虫已经化蛹并成功羽化,羽化率为 15.00%,而在 1 月份调查时发现笼内所有的粘虫蛹均已死亡。2017 年 1 月份调查发现,3 组重复中除 1 号笼内保留有 9 头存活的粘虫蛹外,2、3 号笼内所有的粘虫蛹均已死亡。2 月份调查时,1 号笼内原本存活的 9 头粘虫蛹仅剩 5 头。3 月份进行调查时,在 1 号笼

内仅发现 1 头羽化成功的粘虫成虫,其余蛹均已死亡。在 2017 年 12 月份及 2018 年 1 月份、2 月份的调查中均发现成功羽化的粘虫成虫,而在 2018 年 3 月份调查时发现该观察点的粘虫存活率为 0。杨凌地区 2017 年的越冬存活率数据表明粘虫在此地可以成功越冬。由于杨凌地区位于 3 个观察点的最北部,纬度为 34.289 3°N,存活率数据说明在中国西部地区该纬度下粘虫可以成功越冬。该结果也证明 20 世纪 60 至 70 年代所确定的粘虫在中国东部地区的越冬北界即 1 月份 0 °C 等温线(33°N)在现阶段并不适用于中国西部地区(表 8)。

表 8 杨陵区粘虫越冬存活率

Table 8 Survivals rate of *M. separata* during overwintering in Yangling

年份 Year	项目 Item	12 月 Dec	1 月 Jan	2 月 Feb	3 月 Mar
2015—2016	平均高温/°C Average high temperature	7	4	9	15
	平均低温/°C Average low temperature	-4	-5	-3	4
	存活率/% Survival rate	15.00±2.40 a	0 a	0 a	0 a
2016—2017	平均高温/°C Average high temperature	9	6	10	14
	平均低温/°C Average low temperature	-2	-3	-1	4
	存活率/% Survival rate	23.21±1.75 a	1.50±0.73 a	0.83±0.19 a	0.15±0.04 a
2017—2018	平均高温/°C Average high temperature	8	3	9	19
	平均低温/°C Average low temperature	-3	-5	-1	5
	存活率/% Survival rate	43.50±1.98 a	10.17±0.92 a	3.33±0.37 a	0.63±0.08 a

## 3 结论与讨论

粘虫是一种危害严重的重要农业害虫,具有

暴食性、杂食性、迁飞性等多种习性,严重影响作物生产的质量与产量,已被亚洲东部地区的许多国家列为主要作物害虫之一<sup>[2]</sup>。迁飞习性在昆虫

中是一种十分常见的生物学习性,该行为可以帮助粘虫在多变的环境中不断寻找新的适宜生境,对种群繁衍具有重要意义。但同时该习性也大大提高粘虫猖獗成灾的可能性,为粘虫的防治带来极大挑战。

众多学者通过调查研究已经对粘虫的迁飞习性有了较全面的了解和认识,认为粘虫的迁飞行为受到温度、湿度、光周期等气象条件及大气水平运动方向等众多因素的影响<sup>[19]</sup>。粘虫的发育需要一定的热量,李秀珍等<sup>[20]</sup>用人工饲料在不同温度下饲养粘虫,计算出粘虫在整个生活史的发育起点温度为  $7.8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,有效积温约 925.0 日度。中国早在 20 世纪 60 年代就已基本确定粘虫的越冬北界线,即 1 月份  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  等温线( $33^{\circ}\text{N}$ ),但该越冬界限仅限于东部地区,在中国西部地区的相关信息一直未见报道<sup>[11]</sup>。近年来,随着全球气温变暖,加之粘虫在中国西部的危害愈加严重,给西部地区的农业生产带来严重影响,所以,急需研究粘虫在西部地区的越冬状况。本研究通过调查地处中国西部  $33^{\circ}\text{N}$  附近的汉中、安康和杨凌地区粘虫的越冬情况,发现粘虫的末龄老熟幼虫在此 3 地均能成功羽化为成虫,但越冬存活率不高,且在整个越冬过程中的存活率逐渐下降。通过此三地连续 3 a 粘虫越冬数据可以证明粘虫在中国  $33^{\circ}\text{N}$  附近的陕西地区可以成功越冬。

通过本研究的调查数据可知,试验笼中的粘虫在 2 月份和 3 月份有较高羽化率,即使未向笼中的粘虫成虫给予蜜源,在 3 月份调查中仍然发现存活的粘虫成虫。在进行粘虫田间越冬存活率调查过程中,还存在老熟末龄幼虫无法化蛹,或虽成功化蛹但蛹腐烂死亡的情况,这可能是人为多次剖开土层调查损伤造成的。另外,试验所选的地块多位于农户耕作地段,农事灌溉频繁,导致粘虫在越冬过程中蛹长期浸泡于水中湿度过大而死亡。另一方面,本研究在调查过程中仅选取少量种群进行试验,而自然界中粘虫的种群基数较大,且繁殖能力强,存活少数个体即可迅速繁殖,所以,只要有存活个体,就会引起粘虫危害或者暴发。本研究也明确了粘虫在西部地区的越冬虫态主要为蛹,次年 2 月到 3 月开始陆续羽化为成虫,越冬过程中发育较整齐。研究表明,中国在 20 世纪 60—70 年代确立的粘虫在中国东部越冬的北界限说法在现阶段的西部地区并不适用,但要明确粘虫在西部地区的详细越冬北界,仍需要在

$33^{\circ}\text{N}$  以北的地区中继续寻找自然存在的越冬虫源,这将是以后进一步研究的内容。

#### 参考文献 Reference:

- [1] 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 X F,ZHANG L,CHENG Y X,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.
- [2] 张 智,张云慧,刘 杰,等. 粘虫迁飞的种群动态监测与夜间扑灯节律研究[J]. 应用昆虫学报,2018,55(5):834-842.  
ZHANG ZH,ZHANG Y H,LIU J,et al. Population dynamics and temporal patterns of abundance of *Mythimna separata* during migration[J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*,2018,55(5):834-842.
- [3] 张丽萍. 黏虫的生活习性及其防治措施[J]. 农业技术与装备,2013(16):24-25.  
ZHANG L P. Living habits and control measures of *Mythimna separata* (Walker)[J]. *Agricultural Technology & Equipment*,2013(16):24-25.
- [4] 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.  
ZHANG Y H,ZHANG ZH,JIANG Y Y,et al. Preliminary analysis of the outbreak of the third-generation armyworm *Mythimna separata* in China in 2012[J]. *Plant Protection*,2012,38(5):1-8.
- [5] 曾 娟,姜玉英,刘 杰. 2012 年黏虫暴发特点分析与监测预警建议[J]. 植物保护,2013,39(2):117-121.  
ZENG J,JIANG Y Y,LIU J. Analysis of the armyworm outbreak in 2012 and suggestions of monitoring and forecasting[J]. *Plant Protection*,2013,39(2):117-121.
- [6] CHEN R L,BAO X Z. Research on the migration of oriental armyworm in China and a discussion of management strategy[J]. *Insect Science and Its Application*,1987,8(4):571-572.
- [7] 熊 凯,曹书培,陈法军,等. 温带气旋对一代粘虫迁飞的影响:2015 年个例分析[J]. 应用昆虫学报,2016,53(6):1334-1345.  
XIONG K,CAO SH P,CHEN F J,et al. The influence of an extratropical cyclone on the first generation of *Mythimna separate* (Walker) migration: a case study in 2015[J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*,2016,53(6):1334-1345.
- [8] 赖凤香,陈 伟. 风洞内粘虫飞翔行为与气流的关系[J]. 应用昆虫学报,2000,37(4):193-194.  
LAI F X,CHEN W. Flight behavior of the moths of *Mythimna separata* (Walker) in wind tunnel[J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*,2000,37(4):193-194.
- [9] 尹 姣,封洪强,程登发,等. 粘虫成虫在气流场中飞行行为的观察研究[J]. 昆虫学报,2003,46(6):732-738.  
YIN J,FENG H Q,CHENG D F,et al. Observations on the

- flight behavior of the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) in airflow[J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 46(6): 732-738.
- [10] 高月波, 孙雅杰, 张 强, 等. 东北粘虫春季空中虫群的迁飞行为[J]. *应用昆虫学报*, 2014, 51(4): 906-913.  
GAO Y B, SUN Y J, ZHANG Q, *et al.* The spring migration behavior of the oriental armyworm, *Mythimna separata*, in northeastern China[J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51(4): 906-913.
- [11] 赵圣菊. 粘虫迁飞与气象条件关系的研究[J]. *科学通报*, 1982, 11: 692-695.  
ZHAO SH J. Study on the relationship between migration of armyworm and meteorological conditions[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1982, 11: 692-695.
- [12] 赵圣菊, 杨逸兰, 董大葵, 等. 用高空风预测二代粘虫发生区一代成虫迁入量的探讨[J]. *生态学报*, 1985, 5(3): 267-276.  
ZHAO SH J, YANG Y L, DONG D A, *et al.* Prediction of the immigration amount of the first adult armyworm in the second-generation armyworm occurrence area with high-altitude wind[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1985, 5(3): 267-276.
- [13] 李光博. 我国粘虫研究概况及主要进展[J]. *植物保护*, 1993, 19(4): 2-4.  
LI G B. General situation and main progress of research on armyworm in China[J]. *Plant Protection*, 1993, 19(4): 2-4.
- [14] 林昌善, 夏曾铤. 粘虫发生规律的研究—Ⅲ. 粘虫(*Leucania separata* Walker)蛾迁飞与气流场的关系及其运行可能形式的探讨[J]. *北京大学学报(自然科学)*, 1963(3): 291-308.  
LIN CH SH, XIA Z X. Studies on the regularity of the outbreak of the oriental armyworm, *Leucania separata* WalkerⅢ. Discussion on the relationship between *Leucania separata* Walker moth migration and air flow field and its possible operation form [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 1963, (3): 291-308.
- [15] 林昌善, 张宗炳. 粘虫发生规律的研究 V—粘虫季节性远距离迁飞的一个模式[J]. *植物保护学报*, 1964, 3(2): 93-100.  
LIN CH SH, ZHANG Z B. Studies on the regularity of the outbreak of the oriental armyworm, *Leucania separata* Walker V—A pattern of seasonal long-distance migration of the oriental armyworm[J]. *Journal of Plant Protection*, 1964, 3(2): 93-100.
- [16] LIN C S, SUN C J, CHEN R L, *et al.* Studies on the regularity of the outbreak of the oriental armyworm, *Leucania separata* Walker I. The early spring migration of the oriental armyworm moths and its relation to winds[J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1963, 29(8): 1504-1509.
- [17] 姜玉英, 刘 杰, 曾 娟. 我国粘虫周年区域动态规律的监测[J]. *应用昆虫学报*, 2018, 55(5): 778-793.  
JIANG Y Y, LIU J, ZENG J. Using a national searchlight trap network to monitoring the annual dynamics of the oriental armyworm in China[J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2018, 55(5): 778-793.
- [18] 张履鸿, 何继龙. 关于粘虫的迁飞及其在黑龙江省的越冬问题[J]. *东北农业大学学报*, 1961(4): 73-79.  
ZHANG L H, HE J L. The migration of armyworm and its overwintering in Heilongjiang province[J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 1961(4): 73-79.
- [19] 孙 聪. 陕西地区粘虫越冬北界、体内抗寒物质变化及相关基因表达量研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2017.  
SUN C. The northward limit of overwinter of armyworm in Shaanxi and changes of cold-resistant substance and expression of related genes in the overwinter populations [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2017.
- [20] 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.  
LI X ZH, GONG P Y, WU K J. The life table of *Mythimna separata* at different temperatures and the heat requirement for its development[J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1992, 35(4): 415-421.

## Discussion of Overwintering North Boundary of *Mythimna separate* (Walker) in Western China

ZHOU Jinghua<sup>1</sup>, GAO Qiqin<sup>2</sup>, LIU Xueying<sup>3,4</sup>, LI Yin<sup>3,4</sup>, SUN Cong<sup>3,4</sup>,  
JIANG Wei<sup>3,4</sup>, WU Junxiang<sup>3,4</sup> and LI Yiping<sup>3,4</sup>

(1. Shaanxi Modern Agriculture Training Center, Xi'an 710003, China; 2. Xunyang Agricultural Comprehensive Law Enforcement Brigade, Xunyang Shaanxi 725700, China; 3. Key Laboratory of Plant Protection Resources and Pest Management, Ministry of Education, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China; 4. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northwestern Loess Plateau, Ministry of Agriculture, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

**Abstract** The *Mythimna separate* (Walker) migrates seasonally between overwintering and non-wintering areas every year. In the 1960s, the northern boundary of overwintering for *Mythimna separate* (Walker) in eastern China was 33°N, but no report was found the relevant information about its overwintering in the western region. To explore whether the *Mythimna separate* (Walker) can overwinter at 33°N in western China, an observation point was set up near 33°N in Hanzhong, Ankang and Yangling of western China from 2015 to 2018. The last instar larvae of *Mythimna separate* (Walker) reared in the laboratory were placed at the observation point in November each year, and the survival rate of *Mythimna separate* (Walker) was investigated regularly from December to March of the following year. The results showed that the overwintering survival rate of *Mythimna separate* (Walker) in the three areas decreased from December to March in the following year. From 2016 to 2018 in March each year, the highest survival rates of *Mythimna separate* (Walker) in Hanzhong area were 3.77% ± 0.80%, 2.33% ± 0.60%, 0.17% ± 0.17%; 4.00% ± 0.38%, 1.83% ± 1.01% in Ankang area, 1.50% ± 0.17%, and 0.15% ± 0.04% and 0.63% ± 0.08% in Yangling area. At the end of overwintering, the highest numbers of adult *Mythimna separate* (Walker) that successfully emerged in Hanzhong area were 8, 9, 1; 9, 8, 4 in Ankang area; and 0, 1, 2 in Yangling area. In conclusion, the sporadic individuals of *Mythimna separate* (Walker) can survive the winter at 33°N in the Shaanxi region of western China, at the same time, we found that 33°N is the boundary of overwintering of *Mythimna separate* (Walker) in western China for the first time.

**Key words** Survival rate of *Mythimna separate*; Winter temperature; 33°N; Boundary of overwintering

**Received** 2021-01-25

**Returned** 2021-03-07

**Foundation item** National Key Research and Development Program(No. 2017YFD0201800); National Public Welfare Industry(Agriculture) Scientific Research Project(No. 201403031); National Natural Science Foundation of China(No. 31871971).

**First author** ZHOU Jinghua, male, senior agronomist. Research area: plant protection. E-mail: 724059689@qq.com

**Corresponding author** LI Yiping, female, Ph. D, professor. Research area: agricultural entomology and pest control. E-mail: liyiping@nwsuaf.edu.cn

(责任编辑:郭柏寿 Responsible editor: GUO Baishou)