我国粘虫发生危害新特点及趋势分析*

江幸福** 张 蕾*** 程云霞 罗礼智

（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）

摘 要 粘虫 *Mythimna separata* 是我国玉米、小麦和水稻三大主粮作物上的重大害虫，对我国粮食安全有重大威胁，每年在我国南北往返迁飞危害。近年来，粘虫在我国的发生危害呈现出新的特点，主要体现为：一是受害严重区域发生变化，各世代危害范围扩大；二是主要危害世代发生变化，2 代、3 代粘虫发生较重；三是主害作物发生变化，玉米成第一大危害作物；四是迁飞规律发生变化，南北往返迁飞格局不变；五是田间种群抗药性明显增强，防治困难程度加重；六是生物学习性发生变异，适应能力增强。针对以上发生危害新特点的形成原因和未来趋势进行了分析与讨论。

关键词 粘虫，发生危害，发生趋势

Novel features, occurrence trends and economic impact of the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) in China

JIANG Xing-Fu** ZHANG Lei*** CHENG Yun-Xia LUO Li-Zhi

(State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pest, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract The oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) is a key agricultural insect pest that damages important food crops, including maize, wheat and rice, and which consequently poses a major threat to food security in China. Aspects of the ecology of this species have changed in recent years. First, the area most seriously affected by this species has changed and its range has expanded. Second, the main generations causing crop damage have changed; the second and third generations are now the most serious infestations. Third, the extent to which different crops are damaged has changed; maize has become the most seriously damaged host plant. Fourth, although the general pattern of cyclical migration between South and North China remains unchanged, aspects of its migration have changed. Fifth, pesticide resistance has increased making the species more difficult to control. Sixth, aspects of its biology have changed resulting in stronger adaption to the environment. The reasons for these changes are analyzed and discussed.

Key words *Mythimna separata*, occurrence and damage, tendency

粘虫 *Mythimna separata*（Walker）是一种典型的远距离迁飞害虫，也是严重威胁我国玉米、小麦和水稻三大主粮作物生产安全的重大生物灾害（李光博等，1964；叶志华，1993）。广泛分布于亚洲和澳大利亚的多个国家和岛屿（Sharma and Davis，1983），北至中国东北部和前苏联远东地区，南到澳大利亚和新西兰，西起巴基斯坦，东达萨摩亚群岛。地跨热带、亚热带和温带广大地区。我国除新疆外均可发生粘虫危害，且发生历史久远，危害损失巨大。公元

* 资助项目：公益性行业（农业）科研专项（201403031）；国家自然科学基金（31371947）；北京市自然科学基金（6142017）

** E-mail: xfjiang@ippcaas.cn

***通讯作者，E-mail: leizhang@ ippcaas.cn

收稿日期：2014-10-13，接受日期：2014-10-28

482—1360 年，曾有 35 次暴发成灾的记录。1958 年国家将粘虫列为当时要消灭的十大害虫中的第二位。1970—1989 年，每 10 年就有 6 年大发生（叶志华，1993）。20 世纪 90 年代后随着我国南方小麦种植面积的大幅度压缩，粘虫的危害逐步得到控制（郭予元，2006），但仍在不同地区受不同世代的局部危害。近年来，随着全球气候变化、我国农作物种植结构、品种布局和耕作栽培制度等农田生态系统变化，以及粘虫自身适应性和致害性变化，粘虫在我国发生危害呈现出新的特点和严重之势，2012 和 2013 年粘虫连续 2 年在全国大发生，其发生面积之大，虫口密度之高，损失之重，均属历史罕见（张云慧等，2012；姜玉英等，2014）。本文总结了近年来我国粘虫发生危害新特点，并对其产生原因和发生趋势进行了分析与讨论。

1　发生危害新特点

1.1　受害严重区域发生变化，各世代危害范围扩大

20 世纪对粘虫发生危害规律的研究表明，粘虫在我国东半部地区最多可以每年发生 6～8 代，自南向北依次递减。大体上可以划分为 5 个类型发生区。即华南（北纬 27°N 以南）6~8 代区、中南（北纬 27°~33°N）5~6 代区、江淮（北纬 33°~36°N）4~5 代区、华北（北纬 36°~39°N）3~4 代区和东北（北纬 39°N 以北）2~3 代区（李光博，1961，1979，1980，1985）。尽管这些地区粘虫均可发生多个世代，但并不是每个世代都会导致严重危害，实际上，粘虫是一种典型的季节性远距离迁飞害虫，只有迁飞世代才能造成严重危害，因此，根据粘虫迁飞规律，以及主要危害世代（迁飞世代）发生情况，又将我国不同地区的粘虫划分为江淮流域 1 代多发区（按迁飞世代称 1 代粘虫）、东北 2 代多发区（2 代粘虫）、华北 3 代多发区（3 代粘虫）以及南方的 5 代或 1（5）代多发区（4 代粘虫）（李光博等，1964）。20 世纪 90 年代以前，1 代粘虫基本是在江淮流域发生，其发生程度通常较重，因此，控制江淮流域一代和越冬代粘虫即成为防治全年粘虫的重要策略（李光博，1996）。2 代粘虫主要在东北地区发生危害，西北和西南地区也是 2 代粘虫的常发区。近年来，1 代粘虫发生区域明显北扩，除江淮流域外，在黄淮地区如山东和河南省的南部地区也常有 1 代粘虫危害（杨光，2014）。2 代粘虫的发生范围也明显扩大，不仅在东北发生范围有所扩大，同时，也常在华北、黄淮、西北和西南广大地区发生危害，从而成为全年 4 个迁飞世代中危害区域最为广泛的世代。如 2012 年 2 代粘虫在东北、华北和西北等地 12 省（市）暴发成灾，2013 年 2 代粘虫又在东北、华北、西南、黄淮等地 20 个省（市）暴发。因此，东半部地区 2 代粘虫有南扩的趋势，而西北、西南地区 2 代粘虫发生范围也有扩大趋势。3 代粘虫在我国的危害区域也明显扩大，由以前的华北常发区扩大到华北、东北、黄淮、西北和西南地区。4 代粘虫危害的北界也有所北扩，据报道，在河南（陈松莲，2001）、福建中南部地区晚稻上也常有 4 代粘虫危害。这些粘虫发生区域的变化，无疑增加了不同地区的粘虫世代重叠程度，同时也增加了防治难度。

1.2　主要危害世代发生变化，2 代及 3 代粘虫发生较重

按迁飞概念，粘虫在我国主要危害世代可分为 4 代，在大发生年份，这 4 代粘虫分别在不同地区、不同时间对不同作物产生重要危害，但不同迁飞世代对作物的危害程度不同，每年 4~5 份发生的江淮流域 1 代粘虫是当年全年粘虫发生的重要基础，其发生程度直接影响后续的全国 2 代和 3 代粘虫的危害程度。20 世纪 80 年代以前，我国 1 代粘虫的发生程度呈逐年上升趋势，这也是导致 70—80 年代我国粘虫常常大发生的重要原因。但自 90 年代以后，全国 1 代粘虫发生面积与危害程度均呈下降趋势。相反，2 代粘虫的发生趋势呈现上升趋势，不仅东半部 2 代粘虫发生范围有扩大之势，而且西北、西南地区 2 代粘虫也呈上升趋势。由于 2 代粘虫的发生范围扩大，危害程度加重，造成 3 代粘虫的发生程度也

有上升趋势，2012 年全国 3 代粘虫发生近 400 万 hm^2，发生范围涉及 13 省（市、区）（曾娟，2013）。随着防治力度的增加、气象条件以及天敌的累加效应等因素，4 代粘虫尽管在局部地区产生危害，但总体发生程度呈下降趋势。

1.3 主害作物发生变化，玉米成第一大危害作物

20 世纪 80 年代以前，粘虫在小麦、玉米和水稻三大主粮作物中主要危害小麦。这主要是由于当时我国小麦种植面积较大，仅次于水稻，且大部分分布在粘虫发生区内，特别是南方越冬代和江淮流域 1 代粘虫发生区小麦种植面积较大（李光博，1993）。但 80 年代后，南方大幅度压低了冬小麦的种植面积，江淮流域作物种植也呈现多样化，1991—2008 年，我国小麦播种面积从 0.31 亿 hm^2 下降到 0.24 亿 hm^2，小麦粘虫发生面积也呈下降趋势。与此同时，江淮流域大力推广麦套玉米，全国玉米种植面积也逐年增加，粘虫危害玉米的面积和程度均呈上升趋势。2007 年，全国玉米种植面积达 0.29 亿 hm^2，超过水稻和小麦面积，成为我国第一大粮食作物。特别是我国东北、华北等很多地区都扩大了玉米种植面积，这也导致了每年东北和华北地区 2 代和 3 代粘虫发生危害面积的扩大。随着农作物品种布局和结构调整，玉米的种植面积将进一步扩大，2011 年全国玉米种植面积达 0.35 亿 hm^2，主要集中在东北、华北和西南地区，形成一个从东北到西南的斜长形玉米栽培带，而每年粘虫发生区域与玉米种植区域有着很好的契合，即粘虫的发生危害由原来的以东半部地区为主演变为从东北到西南的斜长条带，玉米也成为当前粘虫危害最严重的作物。

1.4 迁飞规律发生变化，南北往返格局不变

20 世纪 60—70 年代，根据标记-释放-回收结果以及各地种群动态规律，明确了我国东半部地区粘虫的迁飞路线。即每年 3—4 月份，我国南方地区如广东、广西、福建、湖南、江西等地越冬代成虫陆续羽化，向北迁飞到江淮流域繁殖危害，形成一代粘虫幼虫主要于 4—5 月间危害小麦，少数迁飞能力强的成虫继续迁飞到华北地区和东北地区，但由于迁飞到这些地区的成虫数量较少，且当时气候和寄主植物条件不适宜，除局部 1 代幼虫发生较多外，一般发生较少。5 月中下旬到 6 月上中旬，以江淮流域为主的 1 代粘虫危害 1 代后，除少部分留在本地外，大部分成虫向北迁飞到东北地区发生危害，形成全国 2 代粘虫幼虫主要于 6 月中下旬到 7 月上旬在玉米、小麦和谷子等作物危害 1 代后，成虫于 7 月中下旬向南回迁到华北地区繁殖、发生危害，形成 3 代粘虫幼虫于 7 月底至 8 月中下旬危害玉米、水稻等作物。危害 1 代后于 8 月中下旬至 9 月上中旬，羽化的成虫继续向南回迁到长江以南或华南地区繁殖危害，幼虫于 9—10 月份主要危害晚稻等作物。这些粘虫危害后可进入越冬或在华南地区冬季生长发育，于翌年春季羽化后再向北迁飞。因此，粘虫在东半部地区的迁飞呈现典型的季节性远距离接力棒式的南北往返迁飞模式（李光博等，1964）。对西北和西南地区粘虫的迁飞路线和规律的结果表明云南省全年有 5 次迁飞活动，前 3 次向北，后 2 次向南。除水平迁飞外，还有不同海拔间垂直迁飞活动（李光博等，1987）。粘虫迁飞路线的揭示，无疑为明确粘虫发生危害规律，建立“异地”预测预报有重大意义。据不完全统计，中国农业科学院植物保护研究所 1963—1979 年先后发布粘虫“异地”测报 50 多期，准确率达 85%以上。近年来，根据全国各地粘虫发生资料的分析表明，粘虫在我国的迁飞路线发生了一些变化，但每年南北往返迁飞的总体格局没有变化。主要体现在：春季粘虫向北迁飞的时间有所提前，且越冬代成虫北迁的持续时间拉长，而秋季向南回迁的时间有所延迟，东北和华北地区虫源除向东部地区回迁外，还可向西南地区回迁。每年 2—3 月，南方种群即可向江淮流域迁飞，时间可持续到 4 月下旬，而继续向北迁飞的飞行能力强的个体比例有所增多，部分个体跨海迁飞到华北和东北地区。秋季种群回迁时，东北 2 代粘虫回迁的比例缩小，而继续留在东北繁殖产生 3 代粘虫的比例增多。如 2012 年和 2013

年 3 代粘虫在东北和华北均严重发生，这直接导致了 3 代成虫向南回迁的时间延迟，9 月下旬，仍有东北和华北地区 3 代粘虫向南回迁。

1.5　抗药性明显增强，防治困难程度加重

由于粘虫的远距离迁飞习性，每年在我国的南北往返迁飞使得不同种群和不同个体间基因交流频繁。同时，由于粘虫在我国自南向北 5 个发生区基本是每发生危害 1 代即可迁飞到下一个发生区，不同发生区的所用的杀虫剂种类和施药频率的差异，使得粘虫种群不会长期暴露在同一个施药环境的压力中。因此，粘虫不易产生抗药性，即使有本地种群或部分个体产生抗药性，也会通过与迁入种群交配或迁出使得抗性基因被稀释。据杨春龙等（1995）对我国东部地区粘虫的抗药性监测表明，尽管粘虫对菊酯类农药的抗性在 1~3 代内能明显提高，但经过回迁后又基本恢复到敏感水平。江苏 1 代粘虫 1989 年的耐药力仅比 1984 年提高 2 倍左右。但近年来，据我们调查表明，田间粘虫的抗药性程度明显增强，特别是华北地区和东北地区的 2 代和 3 代粘虫，农民经常反映喷施常规杀虫剂很难有效控制粘虫的危害，防治难度增大。室内抗性监测也表明粘虫对菊酯类、有机磷类等杀虫剂的抗药性发展迅速（数据未发表）。

1.6　生物学习性发生变异，适应能力增强

粘虫在长期的自然选择与进化过程中，部分粘虫的形态特征及生物学习性发生了变化。这种变化不仅体现在部分粘虫成虫发生了黑化等变异（江幸福，2004；刘红兵和罗礼智，2004），而且田间大发生种群的幼虫也发生了表型黑化。成虫黑化变异后，其生物学习性也随之改变，导致黑化种群发育速度加快，成活率较高，产卵前期缩短，成虫产卵量提高，相对适合度提高（Jiang *et al.*，2007）。幼虫黑化是一种密度依赖型现象，黑化幼虫适应能力增强主要体现在取食、迁飞和抗逆能力增强。黑化幼虫取食量、粪便排泄量显著增加，但对食物的近似消化率和粗生长效率下降，这也是其需要通过取食大量的食物达到生长发育的要求从而导致危害加重的主要原因（罗礼智等，1995b）。同时，黑化幼虫对天敌昆虫以及对病原物的抵抗能力显著增强，从而导致田间昆虫天敌控制效果下降，而微生物杀虫剂也不易控制的重要原因。黑化幼虫发育而来的成虫飞行能力增强（罗礼智等，1995a），这也是粘虫通常在某地发生危害 1 代后，即通过成虫迁飞到另一发生区迁飞危害的重要原因。

2　形成原因及发生趋势分析

2.1　全球气候变化导致粘虫越冬、迁飞的生活史规律可能发生变化

尽管目前对全球气候变化的趋势还存有争议，但不可否认的是，近百年来，我国平均气温升高、区域性降雨波动明显、极端天气事件频发、农作物物候期提前等气候变化明显。据预测，我国未来气候变暖趋势将进一步加剧，年平均降水量将呈增加趋势（国务院公报，2007）。气温的增加将呈现明显的区域与季节特性，即西北、华北和东北地区气候变暖明显，长江以南地区变暖趋势不显著。从季节分布看，冬季增温最明显。大范围明显的降水增加主要发生在西部地区，其中以西北地区尤为显著，西北地区在气温显著上升的同时，降水增加，由暖干向暖湿转型（白爱娟和翟盘茂，2007）。这些气候变化显著影响影响粘虫的发生危害、越冬与迁飞规律。特别是由于气温的升高，导致粘虫生长发育加快（江幸福等，1998），增加粘虫在全年内的总繁殖代数，影响粘虫年生活史，导致危害期延长。同时，还可以引起粘虫种群分化，增加强飞行个体（迁飞型）比例增加（江幸福和罗礼智，1997；江幸福等，2000），加剧其迁飞危害。同时，由于变暖也有可能导致粘虫越冬北界北移，冬季繁殖区范围扩大，繁殖代数增加，使得冬季粘虫虫源发生量增多，有利于粘虫危害（李淑华，1992，1994）。温度的上升对粘虫迁飞的影响首先体现在每年春季开始向北迁飞的日期提前和秋季回迁的时间延迟。同时，由于温度的上升导致我国不同世代的粘虫迁入区北移，即春季主要迁入的江淮流

域可会延伸到江淮、黄淮地区，夏季迁入的东北地区也可向黑龙江中北部延伸，秋季第 1、2 次回迁的华北地区和南方地区也可发生北移，这可能也是近年来我国东北和华北地区 3 代粘虫共同频繁发生的原因之一。另一方面，引起全球气候变化的温室气体等也会对粘虫本身生物学和生态学产生影响。如温室气体 SO_2 可促进粘虫生长发育（吴坤君等，1990, 1997），从而加剧粘虫危害。

2.2 三大主粮作物种植结构调整导致粘虫重发生世代和主害作物发生变化

水稻、玉米和小麦三大主粮作物也是粘虫嗜好的寄主植物。20 世纪我国南方地区的冬小麦种植面积较大，粘虫越冬寄主植物丰盛，有利于冬季虫源积累，每年春季第一次迁入江淮流域的越冬代成虫数量较多，其繁殖产生的 1 代粘虫通常在江淮流域小麦主产区严重危害。因此，1 代粘虫通常是全年中发生较为严重的世代，而危害的主要作物是小麦。但近年来，我国三大主粮作物种植结构发生变化，特别是南方地区冬小麦种植面积大幅度下降，极大压低了每年迁入到江淮流域的越冬代成虫数量（郭予元，2006），同时，由于 1 代区发生区域扩大，1 代粘虫较为分散。因此，1 代粘虫已不再是主害世代。相反，经过 1 代粘虫的繁殖积累，2 代粘虫的基数明显扩大，而华北和东北地区玉米种植面积大幅度增加正好为 2 代粘虫提供了丰富的食物。因此，近年来，我国粘虫重发生世代也从 1 代演变为 2 代和 3 代粘虫，主害作物也由小麦演变成玉米。

2.3 粘虫种群遗传变异以及杀虫剂不合理使用导致其适应能力增强

生物在长期的自然选择和进化过程中，为了适应不断变化的环境，表现出一系列质量和数量性状的遗传变异，这种变异有利于增强生物本身的适应能力。田间粘虫在进化过程发生了黑化种群的质量性状的变异，以及大发生种群幼虫也发生了密度依赖型黑化。这种黑化变异将导致其种群适合度提高，幼虫抗逆能力增强，也导致了生产上难于控制其严重危害。另一方面，近年来，我国农作物出现了大量杀虫剂不合理使用现象，特别是南方地区杀虫剂使用频率提高，菊酯类农药使用量增加，直接导致了越冬代粘虫种群对杀虫剂敏感性下降，经过多代的迁飞，抗药性显著增强，而回迁种群的敏感性下降导致抗性基因的稀释不明显，从而在生产上出现了农民多次用药均难以有效防治粘虫的现象。

3 建议

综上所述，粘虫很有可能还将在今后一段相当长的时间内在我国较大程度地发生危害。因此，在新的农田生态系统变化条件下，急需加强对不同发生区粘虫迁飞虫源的监测，明确粘虫在新的农田生态系统下越冬与迁飞规律的变化，进一步阐明其灾变规律。在此基础上，建立粘虫异地测报和本地发生期和发生量长、中短期预测预报，研发、集成以生态调控为基础的粘虫综合防控技术体系，科学使用杀虫剂，加强粘虫抗药性、致害性监测与治理，从而实现粘虫的可持续控制。

参考文献 (References)

Jiang XF, Luo LZ, Zhang L, 2007. Relative fitness of near isogenic lines for melanic and typical forms of the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker). *Environ. Entomol.* 36(5): 1296-1301.

Sharma HC, Davies JC, 1983. The oriental armyworm, *Mythimna separata* (Wal.) distribution, biology and control: a literature review. Center for Oversea Pest Research, ODA Miscellaneous Report 59. London, Center for Oversea Pest Research.

白爱娟, 翟盘茂, 2007. 中国近百年气候变化的自然原因讨论. 气象科学, 27(5): 584−590. [Bai AJ, Zhai PM, 2007. On natural caused of climate change in China. *Scientia Meteorologica Sinica*. 27(5): 584-590.]

陈松莲, 2001. 第四代粘虫的危害特点及防治技术. 河南农业科学, 12: 36. [Chen JL, 2001. The damage characteristics and control technology of 4th generation armyworm. Henan Agricultural Science, 12: 36]

郭予元, 2006. 我国农作物病虫害生态调控实例分析. 植物保护, 32(2): 1−4. [Guo YY, 2006. Illustrations with real examples of

using ecological regulation strategies against crop pests in China. *Plant Protection*, 32(2): 1-4.]

国务院公报, 2007. 中国应对气候变化国家方案. http://news.xinhuanet.com/politics/2007-06/04/content_6196300.htm [Department of State Bulletin, 2007. The scheme for facing climate changes of China. http://news.xinhuanet.com/politics/2007-06/04/content_6196300.htm]

江幸福, 2004. 粘虫迁飞行为的生理、遗传特征以及遗传多样性的 AFLP 分析. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院. [Jiang XF, 2004. The physiological and genetic characteristics of migratory behavior and genetic diversity, as determined by AFLP in the oriental armyworm, Mythimna separata (Walker). Ph. D. Dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences.]

江幸福, 刘悦秋, 罗礼智, 胡毅, 1998. 高温对粘虫未成熟期生长发育的影响. 北京农学院学报, 13(2): 20−26. [Jiang XF, Liu YQ, Luo LZ, Hu Y, 1998. Effects of high temperature on the immature stages of the oriental armyworm *Mythimna separate* Walker. Journal of Beijing Agricultural College, 13(2): 20–26]

江幸福, 罗礼智, 1997. 粘虫蛹期及成虫期环境温度对成虫飞行能力的影响. 生态环境研究与可持续发展. 北京 :环境科学出版社. 274−280. [Jiang XF, Luo LZ, 1997. The environmental temperature in pupae and adult of oriental armyworm *Mythimna separate* Walker on migration ability. Ecological Environment Research and Sustainable Development. Beijing: Environmental Science Press]

江幸福, 罗礼智, 胡毅, 2000. 饲养温度对粘虫蛾飞行与生殖能力的影响. 生态学报, 20(2): 288−299. [Jiang XF, Luo LZ, Hu Y, 2000. Influences of rearing temperature on flight and reproductive capacity of adult oriental armyworm, *Mythimna separta* (Walker). *Acta Ecologica Sinica*, 20(2): 288-299.]

姜玉英, 李春广, 曾娟, 刘杰, 2014. 我国粘虫发生概况: 60 年回顾. 应用昆虫学报, 51(4): 890−898. [Jiang YY, Li CG, Zeng J, Liu J, 2014. Population dynamics of the armyworm in China: A review of the past 60 years' research. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(4): 890-898.]

李光博, 1961. 粘虫发生规律和防治策略 //中国植物保护科学. 北京: 科学出版社. 446−466. [Li GB, 1961. The regulation and management of *Mythimna separta* (Walker). Beijing: Science Press. 446–466]

李光博, 1979. 粘虫的综合防治 //中国科学院动物研究所, 中国主要害虫综合防治. 北京: 科学出版社. 301−319 [Li GB, 1979. The integrated management of *Mythimna separta* (Walker). Beijing: Science Press. 302-319]

李光博, 1980. 粘虫发生规律与综合防治技术. 农业科技情报, 3: 3−37. [Li GB, 1980. The regulation and control technology of *Mythimna separta* (Walker). Report of Agricultural Technology. , 3: 3–37]

李光博, 1985. 粘虫综合防治研究的设计与实践. 中国植物保护学会第四届年会会刊. 江苏苏州.24−30. [Li GB, 1985. The control design and practice of *Mythimna separta* (Walker). Proceedings of 4th Conference, Chinese Plant Protection Society. Jiangysu Suzhou. 24-30]

李光博, 1993. 小麦害虫综合防治关键技术及其协调应用 //李光博, 郭予元. 全国主要粮棉作物病虫草鼠害综合防治关键技术研究. 北京: 中国科学技术出版社. 1−4. [Li GB, 1993. The key technology in integrated management of wheat pests. Beijing: Chinese Science and Technology Press. 1-4]

李光博, 1996. 粘虫 //中国农业科学院植物保护研究所. 中国农作物主要病虫害. 北京: 中国农业出版社. 657−723. [Li GB, 1996. Armyworm. Plant disease and insect pests of main crops in China. Beijing: China Agricultural Press]

李光博, 王恒祥, 胡文绣, 1964. 粘虫季节性迁飞为害假说及标记回收试验. 植物保护学报, 3(2): 101−109. [Li GB, Wang HX, Hu WX, 1964. Route of the seasonal migration of the oriental armyworm moth in the Eastern part of China as indicated by a three-year result of releasing and recapturing of marked moths. Chinese Journal of Plant Protection, 3(2): 101−109]

李淑华, 1994. 气候变化与害虫的生长繁殖、越冬和迁飞. 华北农学报, 9(2): 110−114. [Li SH, 1994. The relationship between climate change and pest generation reproduction, overwintering. Acta Agriculturae Boreall-Sinica, 9(2): 110−114]

李淑华, 1992. 温室效应对粘虫生态学特征的可能影响. 病虫测报, 12(2): 3−7. [Li SH, 1992. The effects of greenhouse effect on ecological characteristics of armyworm. Prediction of Plant Disease and Pest, 12(2): 3−7]

刘红兵, 罗礼智, 2004. 黑化粘虫的形态特征及其遗传模式. 昆虫学报, 47(3): 287−292. [Liu HB, Luo ZL, 2004. Morphological characteristics and inheritance of the melanic form of the oriental armyworm, Mythimna separata (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Entomologica Sinica*. 47(3): 287-292.]

罗礼智, 李光博, 曹雅忠, 胡毅, 1995a. 粘虫幼虫密度对成虫飞行与生殖的影响. 昆虫学报, 38(1): 38−45. [Luo LZ, Li GB, Cao YZ, Hu Y, 1995a. Effects of rearing density on migration and fecundity of oriental armyworm mythimna. Acta Entomologica Sinica, 38(1): 38−45]

罗礼智, 徐海忠, 李光博, 1995b. 粘虫幼虫密度对幼虫食物利用率的影响. 昆虫学报, 38(4): 428−435. [Luo LZ, Xu HZ, Li GB, 1995b. Effects of rearing density on the food consumption and utilization of larval oriental armyworm mythimna. Acta

Entomologica Sinica, 38(4): 428–435]

吴坤君, 龚佩瑜, 李秀珍, 1990. SO_2熏蒸小麦对粘虫生长的影响. 环境科学学报, 19(1): 78–83. [Wu KJ, Gong PY, Li XZ, 1990. Performances of the army worm, *Mythimna separate* (Walker), feeding on wheat foliage fumigated with SO_2. Acta Scientiae Circumstantiae, 19(1): 78-83]

吴坤君, 龚佩瑜, 李秀珍, 1997. SO_2污染对农业害虫的间接影响. 应用与环境生物学报, 3(2): 158–162. [Wu KJ, Gong PY, Li XZ, 1997. Indirect effects of SO_2 pollution on agricultural insect pests. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 3(2): 158–162]

杨春龙, 龚国玑, 谭福杰, 尤子平, 1995. 粘虫抗药性监测及其机制的初步研究. 植物保护, 21(3): 2–5. [Yang CL, Gong GJ, Tan FJ, You ZP, 1995. Preliminary studies on monitoring and mechanisms of the insecticide resistance in mythimna separata. *Plant Protection*, 21(3): 2-5.]

杨光, 2014. 二代粘虫发生趋势预报. 农药市场信息, 16: 53 [Yang G, 2014. The tendency forecast of 2th generations. Pesticide Market Information, 16: 53]

叶志华, 1993. 中国重大农业生物灾害及减灾对策. 国家科委全国重大自然灾害综合研究组编. 中国重大自然灾害及减灾对策分论. 北京: 科学出版社. 549-602. [Ye ZH, 1993. Countermeasures of main biological damage in China. Beijing: Science Press. 549-602

曾娟, 姜玉英, 刘杰, 2013. 2012年黏虫暴发特点分析与监测预警建议. 植物保护, 39(2): 117–12l. [Zeng J, Jiang YY, Liu J, 2013. Analysis of the armyworm outbreak in 2012 and suggestions of monitoring and forecasting. *Plant Protection*, 39(2): 117–12l.]

张云慧, 张智, 姜玉英, 曾娟, 高月波, 程登发, 2012. 2012 年三代黏虫大发生原因初步分析. 植物保护, 38(5): 1–8. [Zhang YF, Zhang Z, Jiang YY, Zeng J, Gao YB, Cheng DF, 2012. Preliminary analysis of the outbreak of the third-generation army worm Mythimna separata in China in 2012. *Plant Protection*, 38(5): 1-8.]