

鳞翅目害虫调查取样技术专题

粘虫越冬迁飞与危害的调查及监测技术*

江幸福^{1**} 姜玉英² 张 蕾¹ 程云霞¹ 罗礼智¹

(1. 植物病虫害生物学国家重点实验室, 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193; 2. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125)

摘 要 粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 是我国粮食作物上一种典型的季节性远距离迁飞危害的重大农业害虫, 具有发生范围广, 危害世代多、作物损失重以及危害历史长的特点。每年粘虫在我国东半部自南向北形成 5 个不同类型发生区, 除可在南方越冬外, 还可通过季节性远距离往返迁飞在不同发生区之间危害。对其越冬、迁飞种群动态的监测及危害调查是实现粘虫综合防控的前提。根据粘虫的生物学特性以及不同类型发生区的特点, 本文发展了粘虫田间越冬、迁飞种群以及幼虫发生危害的调查和监测技术, 为其综合治理提供理论支撑。

关键词 粘虫, 越冬调查, 迁飞种群监测, 发生危害调查

**Investigation and monitoring of overwintering and migrant populations,
and the larval occurrence of the oriental armyworm,
Mythimna separata (Walker)**

JIANG Xing-Fu^{1**} JIANG Yu-Ying² ZHANG Lei¹ CHENG Yun-Xia¹ LUO Li-Zhi¹

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pest, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100193; 2. National Agro-Technical Extension and Service Center, Beijing 100125, China)

Abstract The oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) is a major agricultural and typical seasonal, long-distance, migratory, multigenerational, insect pest of food crops with a broad distribution and a long history of causing severe crop losses in China. This pest occurs annually in 5 different regions from the south to the north of eastern China. It can overwinter in south China and damage crops in different regions through seasonal, long-distance and multigenerational roundtrip migrations. Monitoring the overwintering and migratory population dynamics and investigating larval occurrence in the field is essential for the effective management of this pest. Based on the species' biology and occurrence characteristics in different regions, we developed methods and technologies for the investigation and monitoring of overwintering and migrant populations and larval occurrence, which can provide theoretical support for the species' integrated management.

Key words *Mythimna separata*, overwintering investigation, monitoring of the migrant population, larval occurrence investigation

粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 是我国粮食作物上一种典型的季节性远距离迁飞危害的重大农业害虫, 具有发生范围广, 危害世代多、作物损失重以及危害历史长的特点 (李光博等, 1964; 李光博, 1980, 1996; 叶志华, 1993; Jiang

et al., 2011)。近年来, 粘虫在我国全国范围内大面积暴发成灾, 严重威胁我国玉米、小麦和水稻等粮食作物的生产安全 (张云慧等, 2012; 曾娟等, 2013)。

根据粘虫种群动态变化规律及各地发生为

* 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) 和北京市自然科学基金 (6142017)

**通讯作者, E-mail: xfjiang@ippcaas.cn

收稿日期: 2014-07-02, 接受日期: 2014-07-10

害资料的分析结果表明,我国粘虫发生为害存在着明显的区域性差异,自南向北基本上可以划分为5种类型,1代及5(或6)代多发区(终年发生区):大约位于27°N以南,主要包括广东、广西、福建等省中南部及台湾地区。5代多发区(越冬区):大约位于27°~32°N之间,包括湖南、江西、浙江、上海、湖北中南部及广东、广西、福建等省北部,江苏、安徽等省南部等。1代多发区:位于33°~36°N之间,主要包括江苏及安徽北部,河南省中、南部,山东省南部及湖北省西北部等。2代多发区:东半部位于39°N以北,主要包括东北三省、内蒙古及河北省北部等。西半部主要包括云南、四川、贵州、重庆、甘肃、宁夏、陕西及山西等省。3代多发区:大约位于36°~39°N之间,包括河北省中、南、西部及山东省西、北部等(李光博等,1964)。近年来,东北三省、内蒙古等地也常常发生3代粘虫。这5种类型的地区,粘虫发生与为害特点既有差异又相互联系,不同区域发生世代数、主要为害世代、发生为害时间以及主要为害作物等均有不同,但5个区域又互为虫源地,即上一个区域的迁出种群即为下一个区域的迁入种群。每年春天终年发生区和越冬区成虫羽化后,大部分向北迁飞到江淮流域一代多发区产卵、危害小麦等作物;5月下旬至6月上、中旬1代多发区成虫羽化后,大部分成虫又继续北迁到东北和华北2代多发区产卵,危害玉米、水稻等作物;7月中、下旬2代多发区羽化的成虫又大部分向南回迁到华北和西北3代多发区危害玉米、谷子等;8月下旬至9月上、中旬3代多发区成虫羽化后绝大部分继续向南回迁到越冬区或终年发生区危害。粘虫就这样年复一年、周而复始地在5个区域间往返迁飞危害和维持种群繁衍。因此,对粘虫越冬种群以及不同区域的迁出、迁入和本地种群动态的系统调查、监测将是实现粘虫区域联防联控和综合治理的重要措施。本文根据粘虫在不同区域的发生危害特点,结合当前粘虫监测预警技术的发展以及国家标准《粘虫测报调查规范》(姜玉英等,2009),系统介绍了

粘虫越冬调查、迁飞种群监测以及田间发生危害调查的具体方法。

1 粘虫越冬调查技术

20世纪50—70年代,明确了粘虫在我国东部地区的越冬区域为1月份0~8℃等温线间(大致为27°~33°N),多以老熟幼虫或蛹越冬,而在1月份8℃等温线(大致为北纬27°N)以南,粘虫可终年发生(李光博,1980,1996)。西北地区粘虫在秦岭以北地区不能越冬,而西南地区粘虫越冬呈立体垂直分布,海拔超过1768m的地区很难越冬,海拔低的地区可终年发生(李光博,1990)。但是,随着近年来全球气候变暖的加剧,我国南方作物品种、布局和耕作栽培制度的改变,可能会导致粘虫越冬北界北移(北扩1个纬度),越冬区域扩大,越冬存活率提高等(李淑华,1994),而这些变化直接影响翌年粘虫1代乃至全国粘虫的发生危害,因此,通过越冬调查明确我国粘虫越冬区域的变化以及越冬虫源基数,无疑对全国粘虫的预测预报有重要意义。

1.1 调查地点与时间

调查地点原则上应在粘虫越冬区内(27°~33°N之间)进行,包括湖南、江西、浙江、湖北中南部及广东、广西、福建等省北部,江苏、安徽等省南部等地区。但为了明确越冬北界是否北扩,有必要扩大到34°N左右区域调查,即江苏、安徽中北部和河南、陕西等省中南部。西南地区的越冬调查主要集中于云南、贵州和四川等地的低海拔地区。鉴于我国粘虫的越冬区域面积巨大,实际调查时可结合上年度粘虫在这些区域的发生危害情况针对性地选择调查田块,即选择上年末代幼虫发生危害严重的地块。调查时间主要在粘虫越冬期(11月至翌年3月)内进行。

1.2 调查方法

越冬调查方法主要有3种,第一种为田间直接取样调查法:即每年于粘虫越冬期内选择有代表性的田块和越冬场所,每667m²随机抽取5个样点,每个样点1m²左右,调查的环境主要

为田间地头的禾本科杂草、稻草堆垛、路边和沟边、河渠堤岸等粘虫喜欢越冬的场所。调查时可用挖土铲、锄头结合钢丝筛进行,取地表约 3~5 cm 深的表土,进行筛土观察。记录粘虫越冬的虫态与虫数,越冬死亡率调查可将筛土获得的越冬虫态带回实验室检查其死亡情况。这种方法可直接获得粘虫有效越冬虫源密度和越冬面积数据,对于翌年粘虫的预测预报有重要作用。第二种为田间笼罩调查法:即在粘虫越冬区或终年发生区中选择有代表性的作物和田块,设置 5 面环纱的笼罩,每 667 m² 可设置 5~6 个笼罩,每个笼罩约 1 m³。冬季向笼中接入适量的幼虫,观察其生长发育与越冬情况,并定期检查死亡率。这种方法可以鉴定粘虫适宜的越冬区域以及越冬存活情况,对于明确粘虫越冬北界(33°N)和终年发生区北界(27°N)是否北扩以及掌握当年越冬存活率有重要作用。第三种为埋虫试验调查法:适宜冬季不具备粘虫寄主植物的地区,可配合第二种方法,模拟粘虫田间自然越冬方式,将粘虫蛹或老熟幼虫埋入土壤中,埋虫的土壤深度约 3~5 cm。分批分期取出埋入的蛹或老熟幼虫,带回实验室观察其发育情况。

2 粘虫迁飞种群监测技术

2.1 成虫种群动态监测

2.1.1 监测时间 由于粘虫冬季在南方越冬,春季开始接力棒式南北往返迁飞危害,导致全国不同发生区成虫始见期、发蛾高峰期以及盛末期均不同,因此不同发生区的成虫监测时间也不同。根据粘虫越冬迁飞规律(李光博等,1964),确定了不同发生区迁出和迁入种群的监测时间。具体为:越冬区和终年发生区(按迁飞世代分为 4 代多发区,下同)迁出种群监测时间为每年 2 月中旬至 4 月中下旬,而迁入种群监测时间为 9 月至 10 月中旬;1 代多发区迁入种群监测同越冬区迁出种群监测时间,而其迁出种群监测自每年 5 月中旬至 6 月下旬;同理,2 代多发区迁入种群监测同 1 代多发区迁出种群的,而其迁出种群监测自每年 7 月中下旬至 8 月中下旬;3 代多发

区迁入种群监测同 2 代多发区迁出种群的,而其迁出种群监测自每年 9 月上旬至 10 月中下旬。

2.1.2 监测工具 目前粘虫成虫监测工具主要有雷达、灯光、糖醋酒诱蛾器和性诱剂监测等,根据粘虫迁出和迁入种群对不同监测工具的反应效果(李光博,1980;韩尔宁等,1990;江幸福,2004),建议各地迁出种群可选择雷达或糖醋酒诱蛾器监测,而迁入种群可从雷达、灯光、糖醋酒诱蛾器和性诱剂监测工具中选择。每天记录诱集的雌雄蛾数量,并观察粘虫个体变异情况(Jiang *et al.*, 2007)。

(1) 粘虫雷达监测:分别在江淮流域 1 代多发区、东北 2 代多发区、华北 3 代多发区、华南虫源区以及西部 2 代多发区等地设置粘虫雷达,雷达的架设应在开阔较高的平台上,有利于天线的信号采集,同时,可设置高空气球或高空探照灯辅助鉴定昆虫种类。根据雷达回波特征,可分析粘虫飞行高度、飞行速度、方向和种群密度等参数(陈瑞鹿等,1985;Chen *et al.*, 1989;陈瑞鹿,1990;Feng *et al.*, 2008)。

(2) 灯光监测:灯光监测主要有普通黑光灯和自动虫情测报灯(20 W)2 种。选择周围无其它光源和高大建筑物干扰的空旷场地安装诱虫灯 1~2 台。灯管下端与地表面垂直距离为约 1.5 m,每年更换一次灯管。

(3) 糖醋酒诱蛾器:粘虫诱蛾器的结构、安装方法及诱集方法参照国家标准(姜玉英等,2009)。选择周围无过多蜜源植物的场地进行监测,以避免植物花蜜对监测效果的影响。

(4) 性诱剂监测:性诱剂监测因其具有诱集靶标害虫单一,不杀伤天敌等优点而广泛应用于昆虫的监测与防治。由于粘虫迁飞行为的发生是在成虫羽化后的幼嫩期,即性未成熟前,迁飞结束后立即进行交配、产卵危害(罗礼智等,1999)。因此,性诱剂诱集的成虫大多是在本地即将求偶、交配和产卵危害的种群,对本地幼虫发生危害预测预报有重要意义。性诱剂由诱芯和诱捕器组成,诱捕器可选择水盆和干式诱捕器等。每隔一定时间更换一次诱芯(韩尔宁等,1990)。

2.2 种群虫源性质调查

成虫监测时除实时记录种群数量变化外,还需要对成虫性比、雌蛾卵巢发育、交配与产卵情况以及成虫体内能源物质等进行系统调查。具体调查方法为:在发蛾高峰期,每日记录各种监测工具诱集成虫的雌雄比例,同时解剖检查雌蛾的卵巢发育级别、交配次数与交配率、抱卵量等数据,每次抽查上述方法诱到的蛾子 20 头左右,不足 20 头时,应全部检查。卵巢发育级别与交配情况调查方法参考国家标准(姜玉英等, 2009)。粘虫体内能源物质调查可在实验室设计生理实验测定(江幸福和罗礼智, 2005)。由于粘虫起飞是在成虫羽化后的幼嫩期(性未成熟期),迁飞过程中暂时性抑制卵巢发育或缓慢发育,而迁飞结束后即行交配、产卵繁殖危害,因此,根据卵巢发育、性比和体内能源物质含量等情况可以鉴定迁飞种群虫源性质,即是迁出种群还是迁入种群(孙金如, 1990; 江幸福和罗礼智, 2005; Feng *et al.*, 2008)。目前田间常用的是用卵巢发育和交配情况作为鉴定标准,具体为:当大部分成虫(约 80%以上)卵巢发育级别为 1~2 级,交配率低于 10%,可鉴定为迁出种群,反之即为迁入种群。

3 粘虫发生危害调查技术

粘虫在本地发生危害程度主要取决于田间卵量、幼虫发生量以及天敌等因素,因此,田间卵量、幼虫发生量和天敌控制作用的系统调查和普查可为预测预报本地粘虫的发生量和发生期提供直接的依据。

3.1 卵量调查

3.1.1 调查时间 粘虫田间卵量系统调查时间是在迁入种群成虫监测时间往后延迟 5~10 d。具体为:1 代多发区每年自 2 月下旬至 4 月中下旬;2 代多发区每年自 5 月下旬至 6 月下旬;3 代多发区每年自 7 月下旬至 8 月下旬;4 代多发区每年自 9 月中旬至 10 月下旬。卵量普查时间为不同发生区主要危害世代成虫高峰期后即可

进行。

3.1.2 调查方法

卵量系统调查方法:根据粘虫喜欢在干枯的草把缝隙中或干叶把上产卵的习性,采用田间设置谷草把或叶把诱卵的方法。每点选择具有代表性的寄主田 2 块,每 667 m² 设置谷草把或叶把约 20~40 把,草(叶)把间距离约为 5~10 m。草把可选择稻草或谷草,叶把可选择玉米叶和高粱干叶。制作草把时选取干稻草 3 根,剪成 50 cm 长,基部扎紧成一把,或干谷草 5 根(约 50 cm 长)从中间对折扎紧为一把。制作叶把时选取玉米或高粱干叶 20 片,靠近叶片基部用细绳扎紧为一把。将制作好的草(叶)把绑在木棍(竹竿)上,顶部要高出作物 20 cm 左右。草(叶)把设置后每 3 d 检查并根据产卵情况适时更换,仔细清点卵块数,同时随机选择 10 块卵,统计其卵量,不足 10 块的则全部检查,统计平均每块卵的卵量,最后折算成每 667 m² 平均诱卵量。

卵量普查方法:选择具有代表性各种寄主作物的不同类型田,每种类型田各普查 1~3 块。每田块均采用 5 点随机取样,每点查 1 m²。谷子、小麦、水稻等密植矮秆作物,注意检查枯干叶、枯心苗和上部(1~4)片嫩叶尖端的卵量;玉米、高粱等高秆作物,应对所有作物和杂草进行检查,调查时应注意干叶尖、苞叶、花丝、前茬作物上的卵量。每类型分别取 10 块卵,检查卵粒数,最后折算成平均每平方米卵量。

3.2 幼虫调查

3.2.1 调查时间 幼虫系统调查时间是在卵量调查往后延迟 5~10 d。具体为:1 代多发区每年自 3 月上旬至暴食期止;2 代多发区每年自 6 月上旬至暴食期止;3 代多发区每年自 7 月下旬至暴食期止;4 代多发区每年自 9 月下旬至暴食期止。幼虫普查时间为不同发生区大部分幼虫进入 2 龄期时即可进行。

3.2.2 调查方法

幼虫系统调查方法:选择不同发生区主要寄主作物田,固定 1~3 块为系统调查田。以棋盘

式 10 点取样, 每点 1 m^2 , 调查后折算成平均每平方米虫数。取样方法因不同寄主植物而异。玉米、高粱等高秆作物, 先检查心叶、叶腋、雌雄穗及干叶卷缝内的虫量和虫龄, 再查地表及土内以及周围杂草上的虫量和虫龄; 小麦和谷子作物, 在样点下铺一白布, 重复拍打植株, 直至拍打后不再出现幼虫为止, 检查布上或地表上的虫量和虫龄, 同时还应挖翻根际松土, 检查潜土的幼虫, 谷叶心内常有低龄幼虫潜伏, 除拍打外, 还应仔细检查心叶及穗轴处。水稻田采用搪瓷盘拍打法。将盘轻轻插入稻丛基部, 快速拍打植株中、下部, 重复拍打, 记录盘中虫量和虫龄。每次拍查计数后要清洗搪瓷盘, 再进行下次拍查。

幼虫普查方法: 选择具有代表性各种寄主作物的普查田块总数不少于 20 块, 调查方法同幼虫系统调查。

3.3 天敌调查

天敌调查是在卵量和幼虫调查时同时进行。在调查田中每点随机选取卵 1 000 粒、幼虫及蛹各 50 头, 不足 50 头时应全查。带回实验室内饲养或剖开虫体, 检查寄生性天敌种类与数量, 同时对调查点内捕食性天敌种类和数量也要记录。天敌种类鉴定方法参考有关文献(林昌善等, 1990)。

4 讨论

粘虫是一种远距离迁飞危害的害虫, 在我国发生范围广, 危害作物多, 不仅有越冬虫源, 而且在全国范围内 5 个类型的发生区均有迁出、迁入种群和本地种群, 因此, 对其种群发生危害的监测存在范围广、时间长, 专业性强等难度, 另一方面, 粘虫的爆发性决定了只有监测预警及时、准确, 才能实现其有效防控。尽管粘虫的调查技术已有国家标准《粘虫测报调查技术》作为指导, 但随着农村劳动力的转移、农田生态系统的变迁、粘虫发生危害规律的变化等因素, 其监测调查技术还需要进一步深入研发、完善和改进。建议可从以下几个方面考虑。第一, 在系统研究近年来我国粘虫发生危害规律变化的基础

上, 各地可根据实际适时调整监测、调查时间, 并结合农田生态系统变化及时预警。如近年来湖南等越冬区 2 代粘虫以及东北等地 3 代粘虫常常暴发危害, 因此, 除监测其主害代外, 也要调整这些地区的监测调查时间。第二, 进一步研发粘虫监测新技术, 改进和完善已有调查技术, 进而组建监测技术体系。新技术体系应朝着高效化、自动化和网络化方向发展, 粘虫雷达监测因其不仅能监测成虫迁飞行为特征和比地面监测提前等优点, 而且自动化程度高, 可在大区范围内建站, 缺点在于专业性较强。已有的灯光监测对迁出代成虫效果较差, 因此, 研发高效的粘虫特异性光源或替代光源(如镓钴灯、探照灯等卤素灯)可弥补这一不足。目前生产上粘虫性诱剂监测效果不稳定, 如何进一步筛选诱芯配方、载体和诱捕器等配套技术尤为必要。糖醋酒诱蛾器对粘虫监测效果较好, 但需要每天人工检查和定期更换, 因此, 如何改进、提高其自动化程度监测非常必要。另外, 不同监测、调查技术要互相补充, 形成技术体系。第三, 现有《粘虫测报调查技术》国家标准中对粘虫危害程度的分级标准以及防治指标未作规定, 而各地相关文献报道差异明显(程家安等, 1986; 张文同, 1994; 毛文宽等, 1988)。因此, 如何针对不同作物、不同发生世代建立统一的粘虫发生危害分级标准和防治指标指导防治亟待研究。第四, 由于粘虫监测方法较多, 不同虫态、不同监测手段的监测效果差异明显, 因此, 如何在积累田间历史数据的基础上, 进行不同调查方法之间(如田间卵量调查与实际幼虫发生量、成虫种群数量与卵和幼虫发生量、黑光灯与自动虫情测报灯以及雷达监测与地面实际发生等)数据转换, 也成为预测预报技术中重要环节。最后, 粘虫的田间监测、调查技术要朝轻简化、自动化和网络化方向发展, 并建立全国粘虫监测技术体系和数据共享平台, 实现大区粘虫早期预警和快速发布, 从而为指导粘虫防治提供支撑。

参考文献 (References)

Chen RL, Bao XZ, Drake V A, Farrow RA, Wang SY, Sun YJ, Zhai

- BP, 1989. Radar observations of the spring migration into northeastern China of the oriental armyworm, *Mythimna separata* and other insects. *Ecol. Entomol.*, 14: 149-162.
- Feng HQ, Zhao XC, Wu XF, Wu B, Wu KM, Cheng DF, Guo YY, 2008. Autumn migration of *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai Sea in northern China. *Environ. Entomol.*, 37(3): 774-781.
- 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.
- Jiang XF, Luo LZ, Zhang L, Sappington TW, Hu Y, 2011. Regulation of migration in the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) in China: A review integrating environmental, physiological, hormonal, genetic, and molecular factors. *Environ. Entomol.*, 40(3): 516-533.
- 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): 117-121.
- 陈瑞鹿, 1990. 迁飞害虫的雷达监测. *病虫测报*, 2: 36-41
- 陈瑞鹿, 暴祥致, 王素云, 孙雅杰, 李立群, 刘继荣, 张德宽, 卢加, 1985. 公主岭昆虫雷达的装置和初步应用. *中国农业科学*, (3): 93.
- 程家安, 章连观, 何孙忠, 范泉根, 1986. 粘虫 *Mythimna separata* (walker) 经济阈值的研究(二)---为害与损失关系及经济阈值. *浙江农业大学学报*, 12(1): 83-90.
- 韩尔宁, 郑祖强, 宋祖舜, 1990. 粘虫不同迁飞世代雄蛾对性诱反应的田间观察. *南京农业大学学报*, 13(3): 54-56
- 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.
- 江幸福, 罗礼智, 2005. 粘虫迁出与迁入种群的行为和生理特性比较. *昆虫学报*, 48(1): 61-67.
- 姜玉英, 屈西峰, 夏冰, 曾娟, 2009. 粘虫测报调查规范(GB/T15798-2009). 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会.
- 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.
- 李光博, 1993. 我国粘虫研究概况及主要进展. *植保保护*, 19 (6): 2-4.
- 李光博, 1996. 粘虫 // 中国农业科学院植物保护研究所主编. 中国农作物主要病虫害. 北京: 中国农业出版社. 657-723.
- 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.
- 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.
- 林昌善, 1990. 粘虫生理生态学. 北京: 北京大学出版社. 518-526.
- 罗礼智, 江幸福, 李克斌, 胡毅, 1999. 粘虫飞行对生殖及寿命的影响. *昆虫学报*, 42(2): 150-158.
- 毛文宽, 姜月菊, 郑建强, 毕可政, 战炳志, 1988. 套种玉米田二代粘虫防治指标的研究. *山东农业科学*, 1: 25-27.
- 孙金如, 1990. 粘虫蛾卵巢发育交配状况与迁飞关系的初步分析. *北京农业科学*, 4: 8-10.
- 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. 5495-602.
- 张文同, 1994. 从黏虫为害损失谈防治指标. *安徽农业技术师范学院学报*, 8(1): 33-37.
- 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.