应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(4): 1125–1129. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2014.134

水稻钻蛀性螟虫田间调查及测报技术*

陆明星 陆自强 杜予州**

（扬州大学园艺与植物保护学院&应用昆虫研究所，扬州 225009）

摘 要 长期以来，水稻钻蛀性螟虫都是我国水稻上的重要害虫。近年来，随着水稻栽培制度的变更及全球性气候的变化，种群数量逐渐回升，为害日趋严重。因此，科学的调查方法和准确的预测预报，对该类害虫的综合治理具有重要意义。本文根据大螟 *Sesamia inferens*（Walker）、二化螟 *Chilo suppressalis*（Walker）和三化螟 *Scirpophaga incertulas*（Walker）的生物学特性，总结了这 3 种水稻钻蛀性螟虫的田间调查方法；阐述了它们的发生期预测方法；探讨了在调查取样过程中的注意事项，以期为我国水稻钻蛀性螟虫的综合防治提供可靠的数据支撑。

关键词 水稻，钻蛀性螟虫，取样方法，预测预报

Methods and technologies for surveying and forecasting the rice stem borers

LU Ming-Xing LU Zi-Qiang DU Yu-Zhou**

(School of Horticulture and Plant Protection & Institute of Applied Entomology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract For a long time, the rice stem borers are main insect pest in rice. With the change of rice cultivation and climate change, the populations of the rice stem borers increase gradually, which damage the rice yield more and more seriously in recent years. Therefore, it's very meaningful for the integrated management of the rice stem borers to investigate the dynamics scientifically and forecast accurately their trends. According to biological characteristics of *Sesamia inferens* (Walker), *Chilo suppressalis* (Walker), *Scirpophaga incertulas* (Walker), the surveying methods of these borers in the field were summarized. And three forecasting methods of occurrence stage were demonstrated. Moreover, some attentions during the survey were discussed. In conclusion, these methods and technologies will provide a strong foundation for the integrated management of the rice stem borers.

Key words rice, stem borer, sampling method, forecast

水稻是我国的主要粮食作物之一，水稻生产一直是大家关注的热点，因为它关系到国家的粮食安全乃至国家的稳定。水稻钻蛀性螟虫是水稻上的重要害虫，严重威胁着我国的水稻生产。水稻钻蛀性螟虫主要有大螟 *Sesamia inferens*（Walker）、二化螟 *Chilo suppressalis*（Walker）和三化螟 *Scirpophaga incertulas*（Walker）。随着品种布局的改变、高产栽培技术的推广、害虫抗药性的提高及全球气候变化等诸多因素的影响，水稻钻蛀性螟虫种群数量逐年增加。同时，水稻钻蛀性螟虫发生为害也具有种群区域化特征（周圻等，1990；向玉勇等，2011）。例如，东北早熟单季稻稻作区以二化螟为主，华北单季稻稻作区和华中双季稻稻作区以二化螟和大螟混合发生为主，华南双季稻稻作区主要以二化螟和三化螟为优势种群。

* 资助项目：国家 973 项目（2012CB114100）；国家自然科学基金（31371937）

**通讯作者，E-mail: yzdu@yzu.edu.cn

收稿日期：2014-07-03，接受日期：2014-07-12

近年来，水稻钻蛀性螟虫在原有发生区有逐年加重的趋势，同时还在逐步向北扩散，例如三化螟和大螟 20 世纪中叶分布北限在江苏徐州一带，现已向北扩散至山东，胶东半岛和鲁中南地区（章士美，1998；关瑞峰等，2008；尤伟群和侯平扬，2013）。田间水稻钻蛀性螟虫发生动态的科学调查，及时准确的预测预报是螟虫治理的基础。尽管这 3 种水稻钻蛀性螟虫具有相似的生态位，但是它们的发生调查与监测应该视虫情而定，因虫而异，因地制宜。在这 3 种水稻螟虫中，大螟属于夜蛾科昆虫，而二化螟和三化螟属于螟蛾科昆虫，田间这 3 种螟虫大都以幼虫在稻桩、稻草、杂草（三化螟除外）等寄主中越冬（丁锦华和苏建亚，2002；Lu *et al.*，2014）。大螟成虫常将卵块产于水稻叶鞘中，且产卵具有明显的趋边性；二化螟成虫在水稻秧苗和分蘖期时常产卵于叶片正面，但在分蘖期之后，常将卵产于水稻叶鞘之上；三化螟成虫在水稻秧苗期常将卵块产于叶片正面，而在分蘖期及以后，卵常产于水稻叶片反面（丁锦华和苏建亚，2002）。大螟和二化螟的初孵幼虫集中在叶鞘内为害形成枯鞘，2~3 龄后分散蛀茎，形成枯心、枯孕穗和白穗；而三化螟初孵幼虫直接钻入稻茎内取食为害，1~3 龄取食量较少，3 龄之后取食量剧增，形成枯心苗、虫伤株和白穗（丁岩钦，1994；吴进才等，1999；丁锦华和苏建亚，2002；Nagayama *et al.*，2004）。这 3 种钻蛀性螟虫均系内源性、多化性害虫。当地越冬，翌年在当地繁殖为害，随着世代增加，其种群数量激增。前人研究表明：这 3 种螟虫卵块在稻田内的分布属随机分布形式，理论分布属泊松分布（Poisson distribution）；而幼虫的分布属于聚集核心型，理论分布属奈曼分布（Neyman distribution）（尹汝湛等，1954；丁锦华和苏建亚，2002；彩万志，2011）。所以，在调查取样时，前者样本可以略少些，而调查的每一样点范围可稍大。一般可采用对角线式或者棋盘式取样法；后者，则采样平行跳跃法为宜。大螟初发代常在田边杂草或水稻田边进行产卵为害，分布不均匀，幼虫在田间形成密度大小不相同的集团，理论分布属嵌纹分布（Mosaic distribution），调查抽样常采用“Z”字取样方法（王华弟，2001；舒畅和汪笃栋，2009）。对于这 3 种水稻钻蛀性螟虫发生动态的调查方法已有很多报道（张润杰和古德祥，1992；黄政军和李林盛，1995；宁仲根等，1997；王华弟等，1997；丁锦华和苏建亚，2002；罗秋生和白培标，2010）。本文根据前人调查方法结合自身调查经验，介绍 3 种钻蛀性螟虫的调查及测报方法，旨在准确而全面地掌握这 3 类钻蛀性螟虫的发生动态，为其综合防治提供科学依据。

1 田间调查技术

1.1 越冬代虫量调查

1.1.1 调查时间 越冬初期，在水稻收割后至冬作物播种结束调查一次。越冬后期，在越冬幼虫化蛹盛期调查直到化蛹在 50%为止。遇下中、大雨后再补查一次死亡率。

1.1.2 调查方法 按当地主要有效越冬虫源田（螟害轻、中、重）和秋播时翻耕或免耕分 3~5 个类型田，每类型田选择有代表性的田块 2~3 块。采用单对角线五点取样，每样点 20 m^2，未耕翻田在每样点内随机拔取稻根 300~600 穴（刁春友和朱叶芹，2006）。翻耕冬种田拾取五个样点内的全部可见稻根，分别进行剥查，检查活虫数和死亡数、化蛹数以及寄生情况等。注意在稻草存放多的地区，还要调查稻草内残留虫量。

1.2 冬后各代虫量及发育进度调查

1.2.1 卵块密度和发育进度调查

1.2.1.1 调查时间 在每代发蛾始盛期开始，每 2~3 d 调查一次，查卵块密度至盛蛾末期后结束，孵化进度要查至全代孵化完毕。

1.2.1.2 调查方法 每代按水稻类型、品种、栽秧期、水稻生长期划分几个类型。每类型田选择有代表性稻田 2~3 块，用五点取样式或对角线取样，每块田取样 200~400 穴，虫口密度低的地区应扩大样点面积。除计算卵块密度外，还应分不同类型田将未孵化卵株集中移栽在稻田一角，每天下午定时观察一次卵块的孵化进度，直至全部卵块孵化结束，同时分类型田计算当天孵化率和

全代孵化率。

1.2.2　幼虫与蛹发生量及发育进度调查

1.2.2.1　调查时间　在各代化蛹始盛期前开始，到羽化盛末期结束，每隔 3~5 d 调查一次。

1.2.2.2　调查方法　根据当地水稻布局、品种长势和防治情况等将田块分成不同的类型，各代可选择 2~3 个主要类型田调查。如各类型田的发育进度相差不大，可在各类型田，用平行跳跃法取样，每点取 10 穴，根据螟害轻重，每块田取样 200~500 株，先记载其枯心苗、白穗等，后拔取样点内所有螟害株计数虫量，然后计算螟害率与亩虫量。如各类型田的发育进度相差较大，应分别不同类型田调查，算出加权平均发育进度，或调查时按各类型田虫量比例剥取相应的虫数，合并在一起计算，记载幼虫龄次、蛹级和蛹壳数。当同一植株内虫数较多且虫龄一致时，只作 1 头计算；虫龄不一致时则各记 1 头。各类型田的发育进度最好同一天查完。每次剥查的活虫数应在 50 条以上，低密度时，也不能少于 20 条，以免影响准确性。

1.2.3　成虫数量调查

1.2.3.1　调查时间　每年 4 月底开始至 9 月底结束（不同地区诱蛾时间有所不同）。

1.2.3.2　调查方法　① 灯诱：每天傍晚开灯，天明熄灯。用 200 W 白光灯，或 20 W 的黑光灯，灯泡距地面 1.5 m 左右。每天上午清点种类及虫量，逐日记录，据此分析发蛾始盛期、高峰期和盛末期。② 性诱：观测区内分不同地段设置 4 个盆，每个盆用性诱剂 1 枚，串于水盆中央上方，距水面 1~2 cm，水中放 0.2%洗衣粉或洗洁精。水盆置于田埂上，盆面高度高出作物顶端 10~20 cm。每天清晨查诱得雄虫数，并作好记录。性诱的逐日蛾量可与灯诱数据参比，分析成虫发生动态。③ 赶蛾：适用于第一代，选择不同播种期和不同育秧类型的秧田 2~3 块，每块田定 50~60 m^2，从预计的成虫始盛期开始，每天早晨赶蛾 1 次，直至盛发末期为止。

2　预测方法

水稻钻蛀性螟虫发生期和发生量的预测，按预测时间的长短，可分为短期预测（由上一虫态预测下一虫态），中期预测（由上代预测下代），长期预测（隔一代以上的预测）和超长期（期限则要长于 2 年以上）。目前，水稻螟虫的预测预报基本上是中短期预测（倪炳卿等，1999；张孝羲，2002；顾品强和汪祖国，2003）。

2.1　发生期预报

发生期按各虫态划分为始见期、始盛期（16%）、高峰期（50%）、盛末期（84%）、终见期。

2.1.1　历期法预测　根据对水稻钻蛀性螟虫前一虫期田间发育进度，如化蛹率、羽化率、孵化率等的系统调查，当调查到其百分率达始盛期、高峰期和盛末期时，分别加上当时气温下各虫期的历期，即可推算后面某一虫期的发生时期。

2.1.2　分龄分级预测　根据田间发育进度调查结果，加相应的虫态历期，预测发蛾期。方法是计算各龄、级虫数及占总虫数的百分率，然后从最高发育级向下依次逐级（龄）累加，计算累加百分率，作出预测。调查日期，加上累加百分率，达 16%、50%、84%的蛹级（或虫龄）至羽化尚需发育天数，即为发蛾始盛期、高峰期和盛末期。如果累加百分率到某级蛹（虫龄）不足 16%，而加下级蛹（虫龄）又超过 16%，则从下级蛹（虫龄）中取出部分以补足 16%来计算（50%、84%的累加计算亦同理）。例如，某日调查大螟化蛹率达 11%，要累加到 16%尚需 5%的虫龄，而 5 龄幼虫占 15%，则预测：发蛾始盛期=调查日期+5/15 5 龄历期+蛹期。

2.1.3　期距预测法　根据当地多年的历史资料，计算出两个世代或两个虫态间的间隔天数（即期距）。计算历年期距的平均值时，还要计算这一平均值的标准差，以衡量平均数的变异大小，并找出早发、中发和迟发年的期距。在环境条件变化较大时，除参考历年期距的平均值外，结合选用历史上气象、苗情等相似年期距，作出预报。

2.2　发生量和为害程度预测

一般把发生量和为害程度分为轻发、中发和

重发三级（在不防治情况下，全年平均螟害在1%以下为轻发，1%~5%为中发，5%以上为重发），作出趋势预测。根据虫口基数、繁殖率、死亡率、侵入率以及虫源田面积和下代分布田面积等资料，预测下代蛾、卵发生量及为害程度。再根据历年同期卵块分布规律，推算出各类型田的卵块数。然后参考往年同期平均每块卵造成的枯心（白穗）数和当时每亩苗数或有效穗数，推算出枯心（白穗）率。此外，还可以用上代活虫密度，根据往年每百条虫产生卵块数的历史资料，推算下代螟卵发生量。

3 讨论

水稻钻蛀性螟虫的食性有着显著的不同，大螟是杂食性害虫，对玉米、甘蔗等造成严重为害（敬甫松，1987；尹炯等，2012；Mahesh *et al.*，2013）。另外，大螟对小麦的为害也在逐年上升。二化螟是寡食性害虫，对禾本科的寄主都能形成为害，如茭白、芦苇等。三化螟为单食性害虫。因此，为了准确掌握螟虫发生规律，我们也应依据当地主要种植作物和螟虫食性情况来调查和预测它们发生为害。例如，扬州地区第一代大螟发生时主要在田外寄主上产卵，随后逐渐迁入稻田，而第 2、3 代直接在稻田内扩散蔓延，虫量也随之增加，抽样方法就应因代而别。诸多研究表明 3 种钻蛀性螟虫幼虫都为聚集分布（李火苟和文芳声，1983；陈东，1987；王华弟，1994；李洪山等，1997），但是在田间这 3 种钻蛀性螟虫幼虫有时不呈聚集分布。例如，在种群密度、药剂防治、食料、气候、天敌等影响下也可以导致分布型的改变，尤其是药剂防治后在短期内可导致分布型的突变（陈东，1987）。因此，只有根据田间实际情况，因地制宜选择正确的取样方式才能准确做好钻蛀性螟虫的调查工作。

在害虫综合防治中，常应用序贯抽样技术检验螟虫发生程度、防治质量的差异显著性。它的特点是抽样数不予先确定，而在调查中根据观测结果适时作出结论，及时中止不必要的调查，节省人力物力，其平均所需样本大小约为普通方法的一半。例如，浙江省在水稻分蘖期采用序贯抽样式以三化螟从危害率 2.0%~3.0%为防治指标，建立了枯心苗的序贯抽样表。同时，在穗期建立了白穗株序贯抽样表和序贯抽样图。作为水稻穗期三化螟危害的重、中、轻分级，计算产量损失。该方法与常规抽样调查比较准确率达 95%以上，提高工效 2~5 倍，达到调查简易、准确、省工的目的。事实证明：序贯抽样技术推广应用简化了原来的调查方法，在水稻钻蛀性螟虫综合防治中，可供农户直接查定防治对象田（王华弟，2001）。因此，序贯抽样技术是值得推广应用的一项适用技术。

近年来随着计算机及相关技术的迅速发展，计算机专家管理系统与地理信息系统（GIS）等技术也用于监测钻蛀性螟虫的发生（袁哲明等，2003；吴丽岩，2009；刘海波，2012）。利用 GIS 并结合地理统计学能够直观明显地动态显示钻蛀性螟虫空间分布，通过空间相关分析，能够对钻蛀性螟虫发生动态进行时空模拟，为大尺度预测预报水稻钻蛀性螟虫的发生带来了方便。但是，需要结合每年准确的田间实际调查钻蛀性螟虫的发生数据和不断更新的预测方法，才能使得钻蛀性螟虫 GIS 预测系统变得更加完善。

参考文献 (References)

Lu MX, Du YZ, Liu ZX, Hua J, Liu PY, Li JY, 2014. Diapause, signal and molecular characteristics of overwintering *Chilo suppressalis*. *Sci. Rep.*, 3: 3211.

Mahesh P, Chandran K, Srikanth J, Nisha M, Manjunatha T, 2013. Natural Incidence of *Sesamia inferens* Walker, in Sugarcane Germplasm. *Sugar Tech*., 15(4): 384–389.

Nagayama A, Arakaki N, Kishita M, Yamada Y, 2004. Emergence and mating behavior of the pink borer, *Sesamia inferens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool*., 39 (4): 625–629.

彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 梁广文, 宋敦, 2011. 普通昆虫学. 北京: 中国农业大学出版社.1–490. [Cai WZ, Pang XF, Hua BZ, Liang GW, Song D, 2011. General entomology. Beijing: China Agricultural University Press. 1-490.]

陈东, 1987. 螟虫空间分布型及药剂对其影响的分析—兼与金翠霞等同志商榷. 昆虫知识, 24(4): 253–255. [Chen D, 1987. The spatial distribution and effects of pesticide. Insect Knowledge, 24(4): 253-255]

刁春友, 朱叶芹, 2006. 农作物主要病虫害预测预报与防治. 南京: 江苏科学技术出版社. 19–26. [Xi CY, Zhu YQ, 2006. The prediction and management of main crop pests. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press. 19-26]

丁锦华, 苏建亚, 2002. 农业昆虫学(南方本). 北京: 中国农业出版社. 1 – 350. [Ding JH, Su JY, 2002. Agricultural Entomology. Beijing: China Agricultural Press. 1-350]

丁岩钦, 1994. 昆虫数学生态学. 北京：科学出版社. 1–654. [Ding YQ, 1994. Insect mathematical ecology. Beijing: Science Press]

顾品强, 汪祖国, 2003. 上海稻区二化螟发生规律及预测方法研究. 上海农业学报, 19(2): 62–66. [Gu PQ, Wang ZG, 2003. Study on the occurrence law and prediction models of chilo su ppressalis walker in Shanghai rice-growing area. *Acta Agriculturae Shanghai*, 19(2): 62-66.]

关瑞峰, 姚文辉, 王茂明, 孔丽萍, 潘初昕, 徐金汉, 2008. 福建省水稻螟虫种群发生变化及原因初探. 华东昆虫学报, 17(1): 63 – 70. [Guan RF, Yao WF, Wang MM, Kong LP, Pan CX, Xu JY, 2008. The characteristics of occurrence and reason for rice stem borer in Fujian province. *Entomological Journal of East China*, 17(1): 63-70.]

黄政军, 李林盛, 1995. 再生稻二化螟幼虫空间分布型和抽样技术的研究. 华东昆虫学报, 4(1): 51–55. [Huang ZJ, Li SL, 1995. The spatial distribution of larvae of *Chilo suppressalis* (Walker) and sampling technology in rice. Journal of Orient Entomology, 4(1): 51–55]

敬甫松, 1987. 大螟在玉米田的空间格局及其抽样研究. 昆虫知识, 24(2): 71 – 78. [Jing PS, 1987. The spatial distribution of larvae of *Sesamia inferens* (Walker) and sampling technology in maize, 24(2): 71–78]

李洪山, 陶红, 李宏阳, 1997. 水稻螟害白穗田间分布型及其抽样技术研究. 植保技术与推广, 17(3): 7–9. [Li HS, Tao H, Li HY, 1997. Study on the distribution form of the rice borer white head and its sampling technique. *Plant Protection Technology and Extension*, 17(3): 7-9.]

李火苟, 文芳声, 1983. 大螟幼虫田间分布的调查及分析. 昆虫知识, 20(6): 251 – 256. [Li HG, Wen FS, 1983. The spatial distribution of larvae of *Sesamia inferens* (Walker) and analysis, Insect Knowledge, 20(6): 251–256]

刘海波, 2012. 基于 WebGIS 平台水稻病虫害预警关键技术研究与实现. 硕士学位论文. 长沙: 湖南农业大学. [Liu HB, 2021. The Research and achievement of key technology in disease and pest prediction of rice based WebGIS. Master Thesis. Changsha: Hunan Agricultural University]

罗秋生, 白培标, 2010. 水稻三化螟预报方法. 现代农业科技, (8): 175 – 178. [Luo QS, Bai PB, 2010. The prediction method of *Tryporyza incertulas* (walker). Modern Agricultural Technology, (8): 175–178]

倪炳卿, 罗财荣, 林永俊, 1999. 数学分析方法在水稻螟虫测报上的应用研究. 华东昆虫学报, 8(2): 4–5. [Ni BQ, Luo CR, Lin YJ, 1999. Application of mathematical analysis of method to forecasting of rice stem borer’s larva. Entomological Journal of East China, 8(2): 4–5]

宁仲根, 张美根, 谢建能, 吴敏荣, 严叔平, 1997. 零频率估计二化螟危害株密度方法的研究. 植物保护, 23(3): 7 – 10. [Ning ZG, Zhang MG, Xie JN, Wu MR, Yan SP, 1997. Methods of estimating density of rice plants damaged by chila suppressliss walker by zero frequency. *Plant Protection*, 23(3): 7-10.]

农业部农作物病虫测报总站, 1981. 农作物主要病虫测报办法. 北京: 农业出版社. 1–290. [Observation and Prediction Center of Plant Disease and Insect Pest, Mistry of Agriculture, 1981. The predation method of main crop disease and insect pests. Beijing: Agriculture Press. 1-290]

舒畅, 汪笃栋, 2009. 二化螟成灾规律与控制. 北京: 中国农业科学技术出版社. 1 – 403. [Shu C, Wang DD, 2009. The outbreak regulation and management of *Chilo suppressalis* Walker. Beijing: China Agricultural Technology Press]

王华弟, 2001. 水稻三化螟及其治理. 北京: 中国农业科技出版社. 1 – 224. [Wang HD, 2001. Yellow stem borer and its management. Beijing: China Agricultural Science and Technology Publishing House. 1-224.]

王华弟, 张左生, 程家安, 汪信庚, 1997. 水稻三化螟预测预报与防治对策研究. 中国农业科学, 30(3): 14–20. [Wang HD, Zhang ZS, Cheng JA, Wang XG, 1997. Study on Control Strategy and Prediction of Yellow Stem Borer. Scientia Agricutura Sinica, 30(3): 14–20]

王华弟, 张左生, 张志昌, 章连观, 1994. 三化螟幼虫的田间分布型. 昆虫知识, 31(3): 132 – 135. [Wang HD, Zhang ZS, Zhang ZC, Zhang LG, 1994. The spatial distribution of larvae of *Tryporyza incertulas* (walker). Insect Knowledge, 31(3): 132-135]

吴进才, 徐建祥, 刘仁海, 吴树静, 1999. 三化螟蚁螟钻蛀行为观察. 昆虫知识, 36(2): 101–112. [Wu JC, Xu JX, Liu HR, Wu SJ, 1999. The observation of feeding behavior of *Tryporyza incertulas* (walker) Insect Knowledge, 36(2): 101–112]

吴丽岩, 2009. 寒地稻区二化螟发生规律、测报方法及防治策略的研究. 硕士学位论文. 大庆: 黑龙江八一农业大学. [Wu LY, 2009. Research on occurrence law, forecast method and preventive measures of *Chilo suppressalis* in the cold

rice-growing area. Master Thesis. Daqing: Heilongjiang Bayi Agricultural University]

向玉勇,张帆, 夏必文, 郭荣, 2011. 我国水稻螟虫的发生现状及防治对策. 中国植保导刊, 31(11): 20–23. [Xiang YY, Zhang F, Xia BW, Guo R, 2011.The condition and management of insect pests in rice of China. Chinese Journal of Plant Protection, 31(11): 20–23]

尹炯, 黄应昆, 李文凤, 罗志明, 王晓燕, 何文志, 薛晶, 张会华, 2012. 大螟蔗田枯心苗的空间分布型及抽样技术研究. 植物保护, 38(4): 127–130. [Yin J, Huang YK, Li WF, Luo ZM, Wang XY, He WZ, Xue J, Zhang HH, 2012. Spatial distribution pattern and sampling technique of dead heart seedlings by the pink stem borer *Sesamia inferens* in sugarcane fields. *Plant Protection*, 38(4): 127-130.]

尹汝湛, 赵善欢, 王鑑明, 1954. 稻田三化螟集团分布的初步调查及其在实用上的意义. 昆虫学报, 4(4): 337–364. [Yin YZ, Zhao SH, Wang JM, 1954. The primary investigation of *Chilo suppressalis* and practice. Acta Entomologia Sinica, 4(4): 337–364]

尤伟群, 侯平扬, 2013. 揭阳地区二化螟发生的原因及对策. 农业技术与装备, 2(10)：62–64. [You WQ, Hou PY, 2013. The cause and management of *Chilo suppressalis* (Walker). Agricultural Technology and Equipment, 2(10)：62–64]

张润杰,古德祥,1989. 模糊控制模型在三化螟数量预报中的应用探讨. 生态科学, 8(2): 10–12. [Zhang RJ, Gu DX, 1989. Studies on application of fuzzy cybernetics model in the quantity forecasting of rice stem borer. Ecological Science, 8(2): 10–12]

章士美, 1998. 中国农林昆虫地理区划. 北京: 中国农业出版社. 1–304. [Zhang SM, 1998. The division of agricultural and forest entomology in China. Beijing: China Agricultural Press. 1-304]

张孝羲, 2002. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社. 1–323. [Zhang XX, 2002. Insect ecology and prediction. Beijing: China Agricultural Press.1-323]

周圻, 林德芝, 姚忠生, 黄秀华, 纪大南, 童国维, 刘振汉, 袁欲豪, 李祖宁, 杨兴华, 王毓浔, 黄朝光, 1990. 我国目前稻螟优势种群区域化成因的调查研究, 昆虫知识, 27(6): 321–324. [Zhou X, Lin DZ, Yao ZS, Huang XH, Ji DN, Tong GW, Liu ZH, Yuan YH, Li ZN, Yang XH, Wang MX, Huang CG, 1990. The investigation of cause of dominant species outbreak in rice region of China, Insect Knowledge, 27(6): 321–324]