

DOI : 10.3969/j.issn.2095-3704.2014.01.004

# 气候变化下山东稻区水稻重大害虫灾变规律 及其防控评价

——以郯城为例

江守林<sup>1</sup>, 全银华<sup>1</sup>, 黄珂毓<sup>1</sup>, 纪绍兰<sup>2</sup>, 朱军生<sup>3</sup>, 欧阳芳<sup>4</sup>, 陈法军<sup>1\*</sup>

(1. 南京农业大学 植物保护学院/昆虫信息生态研究室, 江苏 南京 210095; 2. 山东省郯城县农技推广中心, 山东 郯城 276100; 3. 山东省植物保护总站, 山东 济南 250100; 4. 中国科学院 动物研究所, 北京 100101)

**摘要:** 山东稻区是我国典型的单季中熟水稻种植区。近年来, 随着气候变化加剧、主栽品种更新换代及栽培制度变迁等, 该区水稻害虫表现出新的灾变特点。以山东水稻主栽区临沂市郯城县 1994—2009 年水稻害虫监测预警与防控的历史虫情资料为基础, 结合同期气象数据分析气候变化下水稻害虫发生及其危害损失, 并评估植物保护措施的控害保产效果。结果显示年均温和年降雨量与二化螟和稻飞虱的发生危害面积和水稻产量损失之间相关不显著, 但与稻纵卷叶螟的发生危害面积和水稻产量损失之间相关显著甚至极显著。可见, 通过积极开展水稻害虫的准确监测和及时防控, 可有效提高气候变化下水稻害虫的管理水平, 从而确保粮食安全生产, 进而保障农民增产增收。

**关键词:** 水稻生产; 稻飞虱; 水稻螟虫; 经济损失; 害虫管理; 气候变化

中图分类号: S435.112

文献标志码: A

文章编号: 2095-3704 (2014) 01-0020-06

## Assessment on Economic-yield Loss Caused by Key Pests of Rice in Paddy Fields of Shandong Province——A Case in Tancheng County

JIANG Shou-lin<sup>1</sup>, QUAN Yin-hua<sup>1</sup>, HUANG Ke-yu<sup>1</sup>, JI Shao-lan<sup>2</sup>,  
ZHU Jun-sheng<sup>3</sup>, OUYANG Fang<sup>4</sup>, CHEN Fa-Jun<sup>1\*</sup>

(1. Department of Entomology, Insect-Information Ecology Lab, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Research Center for Agricultural Technology, Tancheng Bureau of Agriculture, Tancheng 276100, China; 3. Plant Protection Station of Shandong Province, Ji'nan 250100, China; 4. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Shandong Province is the typical growing region of the single and midseason rice in China. In recent years, because of intensifying climate changes, main varieties' renewal and cultivation institutional changes, etc, some new characteristics of the rice pests' occurrence and outbreaks appeared in this rice growing region. In this paper, based on the observation data of the telemetry monitoring and controlling of rice pests in combination with the climate data from 1994 to 2009 in the rice growing region of Tancheng County, Linyi City of Shandong Province, the occurrence characteristics of rice pests and their economic damage (i.e., rice yield losses) were

收稿日期: 2014-02-19

基金项目: 环保部专项 (STSN-04-04) 和国家自然科学基金项目 (31272051, 31101491)

作者简介: 江守林, 男, 硕士生, 主要从事气候变化研究, E-mail: 2012102057@njau.edu.cn; \*通信作者: 陈法军, 教授, 主要从事气候变化研究, E-mail: fajunchen@njau.edu.cn。

systematically analyzed, and also the efficiency of rice pests management and yield protection of the plant protection measures were assessed as well. The results indicated that there were no significant correlation between the annual mean temperature (annual precipitation as well) and the occurrence area and rice yield loss of stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) and rice plant-hopper (including the brown plant-hopper, *Nilaparvata lugens* Stål). While significant correlation was found between the annual mean temperature (annual precipitation as well) and the occurrence area and rice yield loss of rice leaf-roller, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee), respectively. It was clear that the pest management of rice under climate changes could be effectively improved and enhanced through the accurate monitoring and forecasting, and through timely prevention and control against rice pests, which in turn was to ensure the food safety in production and further to safeguard the farmers' income increase.

**Key words:** rice production; rice plant-hopper; rice stem borer; yield loss; pest management; climate change

山东省水稻种植历史悠久,早在春秋战国时期就有记载,但水稻生产的迅速发展却是在解放之后,如1974年全省水稻种植面积就高达30万 $\text{hm}^2$ 以上;近年来,由于个别地区水资源贫乏和农业结构调整,再加之气候变化导致的高温少雨等,该区水稻种植面积不断下降。目前,山东全省的水稻种植面积基本稳定在17万 $\text{hm}^2$ 左右<sup>[1]</sup>。虽然山东水稻种植面积较小,但由于该区地处华北单季黄淮稻作带,自然生态条件优越,非常适宜水稻生长<sup>[2]</sup>。其中,济宁和临沂两大主要稻区年种植面积高达333.3万 $\text{hm}^2$ ,两地水资源丰富、光热充分、雨热同季等优越条件,可充分保证“中熟”水稻品种对温光水等的需求<sup>[1]</sup>。

山东稻区水稻生产长期受水稻害虫的危害,主要包括稻飞虱、二化螟和稻纵卷叶螟等。该区稻飞虱主要有3种,即褐稻虱、白背飞虱和灰飞虱,其中以褐飞虱和白背飞虱为主,年发生3至4代。当地不能越冬,第2代是主害代,正值8月下旬至9月中旬水稻孕穗期<sup>[3]</sup>。二化螟在本地主要危害水稻和玉米,过去在山东地区发生数量较少,属非主治对象,但近年来发生危害急剧上升,已成为重点防治对象<sup>[4]</sup>。稻纵卷叶螟为典型的远距离迁飞性害虫,具有突发性,往往猝不及防造成惨重损失,且在该区危害严重期依次为抽穗期、分蘖期、乳熟期<sup>[5]</sup>。近年来,随着气候变化加剧,主栽品种更新换代及栽培制度变迁等,该区水稻害虫表现出新的灾变特点。研究表明水稻种植制度的变化对褐飞虱暴发种群的形成具有决定性的作用<sup>[6]</sup>;而杂交稻种植面积的扩大又加重了白背飞虱的大发生<sup>[7-8]</sup>;由于全球气候变化使冬季气温偏高,有利于二化螟的越冬,从而提高了越冬基数和存活率<sup>[9-10]</sup>;2003年以后,由于耕作栽培、气候、抗药性等因素的改变,稻纵卷叶螟再度猖獗,对我国农业生产构成了极大威胁<sup>[11]</sup>。为明确气候变化下我国单季中熟水稻种植区害虫灾变及其危害状况,评价植保技术的防控效果,本研究选取山东省临沂市水稻主栽县之一的郯城近16年来水稻重要害虫灾变监测与防控的历史数据为基础,系统评价植保技术在应对气候变化,实现控害保产中的作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

郯城县位于山东省最南端,属于暖、温带半湿润大陆性气候,四季分明,年平均气温为13.2℃,年均降水量843 mm,年均日照2 425 h,盛产小麦、玉米、水稻等,是全国商品粮生产基地县,素有“鲁南粮仓”之称。它属淮河流域沂河、沭河、中运河水系,全县平均水资源总量5.49亿 $\text{m}^3$ ,绝大部分土壤属中性,深厚肥沃。

### 1.2 虫情资料

本研究所用的虫情数据由山东省郯城县植保站提供,包括1994—2009近16年主要水稻害虫(稻飞虱、二化螟、稻纵卷叶螟)发生面积、防治面积及产量损失情况等数据。

### 1.3 防治技术

当地常规防治技术包括种植水稻前进行农业防治,清除稻桩,铲除田边杂草;主栽临稻16,镇稻9424,阳光200等抗虫品种水稻。在水稻生长期进行化学防治,对于稻飞虱在水稻秧田及本花期喷施25%吡蚜酮悬

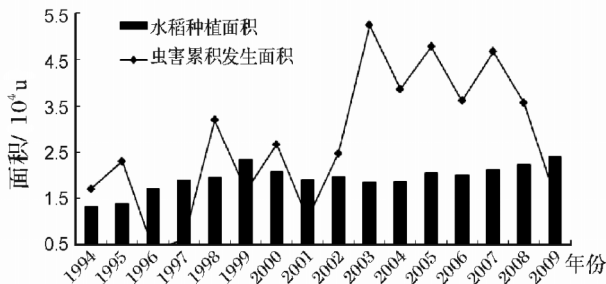
浮剂；防治二化螟和稻纵卷叶螟时用25%康宽悬浮剂或10%稻腾悬浮剂或10%阿维·毒乳油等化学药剂。

### 1.4 经济损失评估

水稻种植面积、虫害发生面积、实际损失量、挽回损失量、害虫发生程度等数据由郟城县植保站提供。对于产量损失评估，依据对照未受害虫危害的稻田产量作对比，害虫危害造成的损失在每年年底由山东省植保测报科统一处理并制作成统计报表。

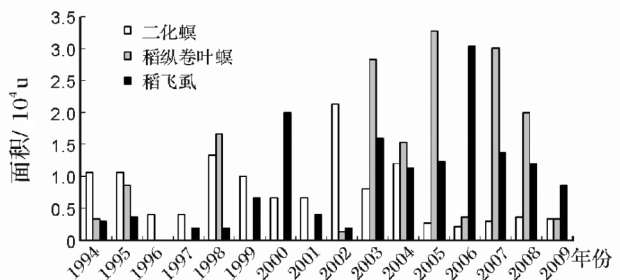
### 1.5 气候资料

采用郟城县气象局提供的当地气象资料。包括年平均气温、虫害发生月份平均气温、降雨量、日照等。一般而言，当平均气温升高显著和降水增加，在农田形成了高温高湿的小气候情况下，越冬病虫卵（蛹）死亡率降低，存活数量上升，造成来年病虫害发生严重，对水稻生产不利。



注：u=667 m<sup>2</sup>。

图 1 郟城地区水稻害虫的发生变化



注：u=667 m<sup>2</sup>。

图 2 1994—2009 年稻飞虱（包括褐飞虱、白背飞虱和灰飞虱）、稻纵卷叶螟和二化螟发生危害情况

### 1.6 数据分析

用Excel软件对水稻种植面积、主要水稻害虫的发生面积、实际损失、挽回损失、发生程度进行统计处理、对气象资料进行回归统计分析并制作相关图表。利用SAS统计软件（SAS 9.0 Institute, USA, 1996）的Pearson相关分析来进行年均温和年降雨量与二化螟、稻纵卷叶螟和稻飞虱发生危害面积及稻谷产量损失之间的相关性分析（P<0.05）。

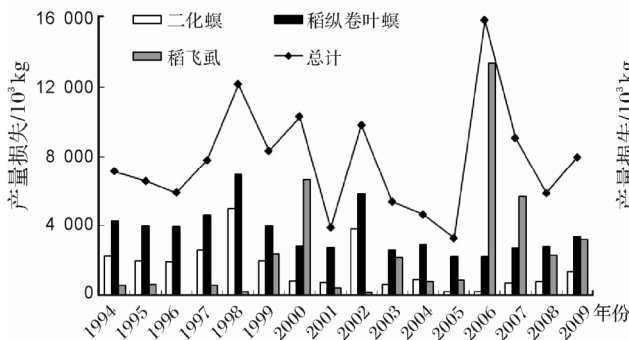


图 3 1994—2009 年未采取任何防治措施下水稻害虫造成的产量损失

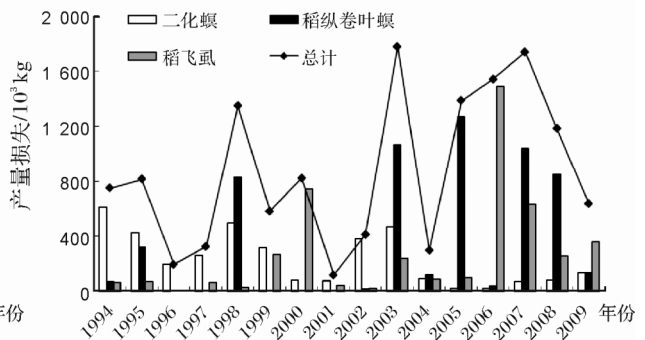


图 4 1994—2009 年采取防治措施下水稻害虫造成的产量损失

## 2 结果

### 2.1 水稻种植面积与虫害发生情况分析

1996 年至今，水稻种植面积基本处于平稳状态（图 1）。其中，1999 和 2009 种植面积最多，分别为 2.33 万 hm<sup>2</sup> 和 2.39 万 hm<sup>2</sup>。相比之下，因气候因素、栽培制度和水稻品种变更以及人为防治等诸多因素影响下水稻害虫累计发生面积变化很大（图 1）。其中，1997—2008 水稻害虫累积发生面积呈隔年加重趋势，尤其 2003 年发生面积骤然升高，高达 0.35 万 hm<sup>2</sup>，其主要原因可能是该年份属低温高湿气候，年平均气温为 13.8℃，再加之降水量大、湿度高，最终导致稻纵卷叶螟和稻飞虱同时大暴发。

从3种主要水稻害虫年危害情况来看，二化螟在1994和1995发生危害严重，但随后两年危害极轻，直到1998年才出现大发生，时隔4年到2002年再度暴发危害，并持续危害长达3年，直到2006年虫情才得到控制，但紧接着2007和2008年又暴发危害（图1）。稻纵卷叶螟在1998年大发生后，一直处于低虫口密度，直到2003年特大发生，2005年暴发最为严重，达到了3.27万hm<sup>2</sup>，2006年虫口密度明显降低，2007年再一次大暴发。稻飞虱从2000年开始持续暴发危害，2006年危害最为严重。

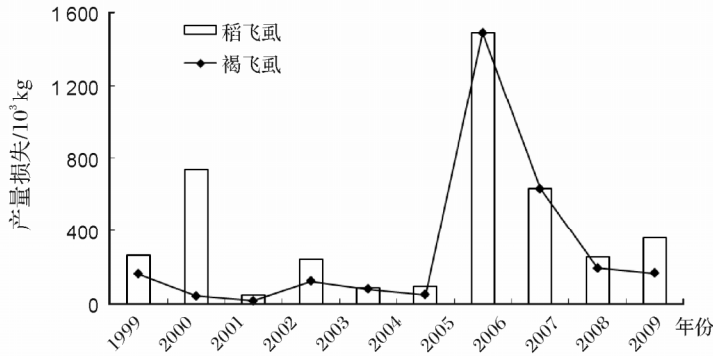


图5 1999—2009年采取防治措施下稻飞虱危害造成的总产量损失与褐飞虱危害造成的产量损失情况

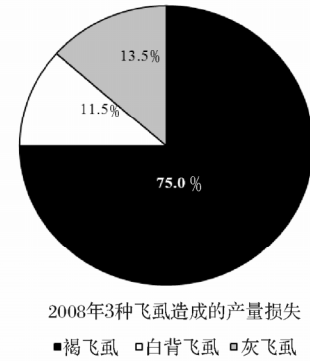


图6 2008年采取防治措施下3种飞虱造成的水稻产量损失比例

### 2.2 害虫危害经济损失分析

为了减少由害虫造成的产量损失，种植抗虫品种水稻，并在害虫危害严重情况下，采取适当的化学防治措施，以控制虫情大发生。图3给出了未采取任何害虫防治措施下的水稻产量损失情况，图4是采取积极的化学防治下水稻产量的实际损失情况。1998和2002二化螟发生较重，通过采取化学防治有效控制了虫量并降低了水稻产量损失（图4）；在稻纵卷叶螟防控方面，1998年虽采取了防治，但由于错过了施药最佳适期，没能及时控制损失，2003年以后稻纵卷叶螟造成的经济损失明显高于之前（图4）2000、2006和2007年稻飞虱大暴发，造成了严重的水稻产量损失，尤其是2006年其损失达高达1486t。就三种稻飞虱危害导致的水稻产量损失情况而言，除2000年由褐飞虱危害造成的产量损失占稻飞虱危害损伤总量的50%以上，2006年和2007年达到了100%（图5）。其中，2008年褐飞虱危害所占比例高达75%，灰飞虱次之达13.5%，白背飞虱最低达11.5%（图6）。

### 2.3 气候变化与水稻害虫发生及其经济损失关系分析

2.3.1 气候变化分析 1987—2009年郯城年平均气温呈现波浪式上升，年均增温0.0284℃，1994年、1998年和2002年分别达到温度最高值（即14.8℃）（图7）。同时，年平均降水量也呈现波浪式缓慢增加趋势，年均增加量为7.6533mm（图8）。

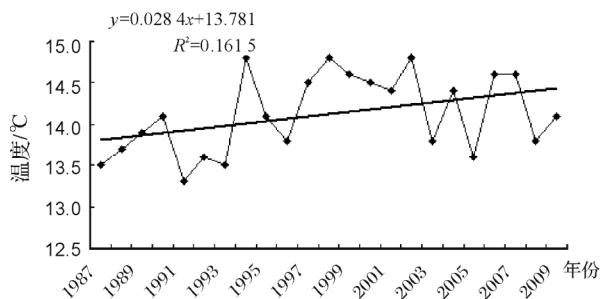


图7 1987—2009年山东郯城年平均温度情

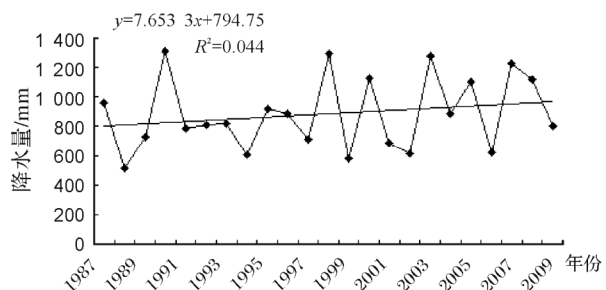


图8 1987—2009年山东郯城年平均降水量

### 2.3.2 气候变化与水稻害虫发生及其经济损失的相关性分析

气候因素变化将直接或间接影响害虫的发生，进而导致危害面积和水稻产量损失变化。通过

1994—2009 期间年均温和年降雨量与三种水稻害虫发生危害面积和水稻产量损失的相关性分析表明,年均温和年降雨量与二化螟和稻飞虱(包括褐飞虱)的发生危害面积及其水稻产量损失之间相关均不显著( $P > 0.05$ ; 表 1); 同期,年均温和年降雨量与稻纵卷叶螟的发生危害面积和水稻产量损失相关显著、甚至极显著( $P < 0.05$ 、 $0.01$  或  $0.001$ ; 表 1)。

表 1 年均温和年降雨量与二化螟、稻纵卷叶螟和稻飞虱发生危害面积及其水稻产量损失之间的相关性分析

项目	发生危害面积				水稻产量损失			
	二化螟	稻纵卷叶螟	稻飞虱	褐飞虱	二化螟	稻纵卷叶螟	稻飞虱	褐飞虱
年均温	0.039 (0.89)	0.65 (0.006 9**)	0.21 (0.43)	0.15 (0.57)	0.19 (0.47)	0.78 (0.000 4***)	0.23 (0.39)	0.013 (0.96)
年降雨量	0.23 (0.38)	0.55 (0.026*)	0.093 (0.73)	0.26 (0.46)	0.14 (0.61)	0.90 (0.000 2***)	0.028 (0.92)	0.32 (0.36)

注: \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.01$ 。

### 3 讨 论

在全球气候变化背景下,气候变化对农业生产的影响已逐渐成为各国科学工作者研究的热点。我国是世界上遭受气象灾害影响最严重的国家之一,气象灾害每年造成的损失占整个自然灾害损失的70%左右,造成的直接经济损失占国民生产总值的3%~6%<sup>[12]</sup>。而气候变化对水稻害虫的发生则又产生直接或者间接的影响<sup>[13-14]</sup>。

结合本文的研究结果可以发现:近年来,在水稻种植面积趋于平稳的状态下,水稻害虫积累发生面积呈隔年加重的趋势。其中,稻纵卷叶螟在1998年大爆发,并在2003年之后发生量一直较大;二化螟是在1994—2004年发生量较大,之后趋于平缓;而稻飞虱则是在2003年之前除2001年大爆发外,其余时间均发生量较小,但是在2003年之后一直持续着较大的发生量。三种飞虱导致经济损失的程度为:褐飞虱>灰飞虱>白背飞虱;从图3和图4看出,及时的对已发生虫害的稻田采取防治措施是非常有必要的。近年来,由于全球变暖的影响<sup>[15]</sup>,郟城年平均气温呈现波浪式上升,年均增温0.028 4。同时,年平均降水量也呈现波浪式缓慢增加趋势,年均增加量为7.653 3 mm。气候因素变化将直接或间接影响害虫的发生情况和危害程度。其中,温度对二化螟发生有显著影响(T-test:  $P < 0.05$ ),且为正相关,表明温度越高,二化螟的发生就更严重,从而直接导致产量的减少;温度对稻纵卷叶螟的发生影响不显著(T-test:  $P > 0.05$ ),但是对水稻产量损失具有显著影响(T-test:  $P < 0.05$ )。此外,年均降雨量对各水稻害虫发生面积和水稻产量均无显著影响(T-test:  $P > 0.05$ )。

针对以上结果,对待稻田发生重大害虫灾变后应该采取及时的防治措施,在重大发生时应及时进行化学防治,若并非重大发生,则应选择综合防治。农药的大规模使用不仅增加了投入,也导致田间天敌种群数量大大减少,从而使整个生态系统遭到了严重破坏,对环境造成了巨大的影响。为了提高产量的同时减少投入,应利用综合防治措施,即化学防治与生物防治、物理防治相结合,将害虫控制在经济损害水平之下<sup>[16-18]</sup>。结合郟城稻区自身特点,在水稻生产实践中,培育和种植抗性品种为基础,可采取稻田养鱼、养鸭、种植诱集植物,可减少杀虫剂的使用,以便保护和利用天敌。同时密切关注迁飞性水稻害虫和本地害虫田间种群动态,在适期使用最少量农药进行科学合理的防治,以达到经济损失最小化、产量最大化的目标。

其次,我们已处在气候变化的环境之下,那就想办法去适应这种变化并利用这种变化来提高水稻产量以及防治虫害。优化种植制度是适应气候变化最重要的且能立竿见影的技术手段。利用我国长时间序列的加密气象观测数据,分析我国以及我国不同区域的气候变化趋势,分析未来气候变化对农业的可能影响,分析当前气候变化和未来气候变化对光、热、水资源重新分布和农业气象灾害分布格局的影响,充分利用气候变化带来的热量资源增加、复种指数增加等优势,规避高温热害、干热风、干旱等气候变化带来的不

利因素,进而改进作物布局,科学的调整种植制度,趋利避害,减缓气候变化的不利影响,保证粮食生长的高产稳产<sup>[19]</sup>。最后,应该着重发展生物技术,以生物技术为基础选育适应气候变化的新品种。使新品种加强光合作用、生物固氮、抗逆能力并且能够高产优质的作物品种。

#### 参考文献:

- [1] 杨百战, 杨连群, 杨英民. 山东水稻生产发展优势、存在问题及对策[J]. 中国稻米, 2006(3): 53-54.
- [2] 袁守江, 杨连群, 宫德英, 等. 山东省优质稻米产业化现状及发展对策[J]. 山东农业科学, 2004(6): 65-67.
- [3] 刘汉舒, 魏靖, 杜昌信, 等. 山东稻区褐飞虱的发生规律及预测研究[J]. 华东昆虫学报, 1996, 5(2): 22-27.
- [4] 石会田, 张胜来, 黄孟龙. 二化螟危害上升原因与防治策略[J]. 作物研究, 2005, 19(2): 115-118.
- [5] 卢兆成, 赵海英, 朱庆松, 等. 稻纵卷叶螟发生的影响因素及防治措施[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(5): 787, 811.
- [6] 齐国君, 张孝羲, 翟保平, 等. 水稻种植制度变化对褐飞虱暴发种群形成的影响[J]. 植物保护学报, 2010, 37(3): 193-200.
- [7] 唐启义, 胡国文, 唐健, 等. 白背飞虱猖獗频率增加与杂交稻面积增加的关系分析[J]. 西南农业大学学报, 1998(5): 84-87.
- [8] 马慧坤, 黄德光, 李洪凯, 等. 杂优稻白背飞虱发生情况的初步调查[J]. 广东农业科学, 1983(3): 17-22.
- [9] Tsumuki H, Take T, Kanehisa K, et al. Effect of temperature on the development and voltinism of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Lepidoptera, Pyralidae) in Taiwan[J]. Eur J Entomol, 1994, 91(4): 477-479.
- [10] 肖海军, 朱杏芬, 薛芳森. 二化螟越冬幼虫滞育后发育起点温度与有效积温[J]. 植物保护, 2008(4): 78-81.
- [11] 翟保平, 程家安. 2006年水稻两迁害虫研讨会纪要[J]. 昆虫知识, 2006(4): 585-588.
- [12] 翟盘茂, 王萃萃, 李威. 极端降水事件变化的观测研究[J]. 气候变化研究进展, 2009, 3(3): 144-148.
- [13] 白慧. 气候变化对农作物病虫害发生发展趋势的影响[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(5): 47-49.
- [14] 刘文栋, 葛意活, 何燕. 气候变化对水稻病虫害发生发展趋势的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(24): 243-246.
- [15] 程东来, 钟学斌. 温室效应与气候变化及人类活动的关系[J]. 威宁学院学报, 2008, 28(6): 86-88.
- [16] Lou Yonggen, Zhang Guren, Zhang Wenqing, et al. Biological control of rice insect pests in China[J]. Biological Control, 2013, 67: 8-20.
- [17] Cook S M, Khan Z R, Pickett J A. The use of push-pull strategies in integrated pest management[J]. Annu Rev Entomol, 2007, 52: 375-400.
- [18] FAO. Guidelines for the integrated control of rice pests[J]. Food Agric Org, 1979: 106-111.
- [19] 房世波, 韩国军, 张新时, 等. 气候变化对农业生产的影响及其适应[J]. 气象科技进展, 2011, 1(2): 15-19.