

草地螟 (*Loxostege sticticalis*) 周期性大发生 与太阳黑子活动的相关性

黄绍哲^{1,2}, 江幸福¹, 雷朝亮², 罗礼智^{1,*}

(1. 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 100094;

2. 华中农业大学昆虫资源研究所, 武汉 430070)

摘要:草地螟 *Loxostege sticticalis* L. 是一种周期性大发生的农作物主要害虫, 自新中国成立后已经 3 次大规模暴发成灾, 但关于草地螟周期性大发生的原因还未见报道。利用国际通用的太阳黑子活动数据和我国草地螟大发生的历史记载进行相关性和相位分析的结果表明, 我国草地螟大发生的周期性与对应的太阳黑子活动的奇数周期相关联。建国以来的 3 个大发生周期分别与对应的太阳黑子活动的第 19、21 周和第 23 周期在时间序列上表现出极高的同步性, 尽管草地螟的发生为害程度与太阳黑子的活动强度之间相关性并不显著。根据这些结果, 并结合太阳黑子活动周期的预测, 草地螟在我国的第 4 个大发生周期很有可能开始于 2017 ~ 2020 年之间, 并在 2024 ~ 2025 年间达到高峰。

关键词:草地螟; 周期性发生; 太阳黑子; 预测预报

文章编号: 1000-0933(2008)10-4823-07 中图分类号: Q142, Q968 文献标识码: A

Correlation analysis between the periodic outbreaks of *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and solar activity

HUANG Shao-Zhe^{1,2}, JIANG Xing-Fu¹, LEI Chao-Liang², LUO Li-Zhi^{1,*}

1 Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agriculture Science, the State Key Laboratory for the Biology of Plant Disease and Insect Pest, Beijing 100094, China

2 Institute of Insect Resource, Huazhong Agriculture University, Wuhan 430070, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 4823 ~ 4829.

Abstract: Meadow moth is one of the serious periodic outbreak agricultural pests in China and it has occurred three times after 1949. However, the cause of periodic outbreak of this moth is still unclear. In this paper, correlation analysis and phase analysis has been carried out between the historical record of sunspot activity and the meadow moth occurrence in China. The results indicate that there is a high synchronization between the outbreak period of meadow moth and the odd period of solar activity. Three outbreaks of meadow moth after 1949 are synchronized with the 19th, 21st and 23rd cycle of the sunspot activity on a time series, although the relationship between the outbreak scale and sunspot activity dimensions is not significant. According to present results and the forecast of the sunspot activity cycle, the authors predict that the fourth outbreak period of meadow moth will be coming during 2017 — 2020 and reach the peak during 2024 — 2025 in China.

基金项目: 国家科技攻关资助项目 (2005BA529A03, 2005BA529A04)

收稿日期: 2007-05-18; 修订日期: 2007-12-12

作者简介: 黄绍哲 (1982 ~), 男, 福建漳平人, 硕士生, 主要从事昆虫种群生态研究. E-mail: hsz628@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lzluo@ippcaas.cn

Foundation item: The project was financially supported by National Key Project for Sci-technology Development of China (No. 2005BA529A03, 2005BA529A04)

Received date: 2007-05-18; **Accepted date:** 2007-12-12

Biography: HUANG Shao-Zhe, Master candidate, mainly engaged in insect population ecology. E-mail: hsz628@126.com

Key Words: *Loxostege sticticalis*; periodic outbreak; sunspot; forecasting

草地螟 *Loxostege sticticalis* 是一种世界性农业害虫。在前苏联地区、罗马尼亚、保加利亚、匈牙利、捷克、斯洛伐克、南斯拉夫、奥地利、意大利、德国、蒙古、印度(西北部)、朝鲜、日本、加拿大、美国等地均有分布,并有严重为害和造成损失的报道。在我国,草地螟是三北地区(华北、东北和西北)农牧业重要害虫之一,给我国农牧业生产造成巨大损失。草地螟发生危害的主要特点之一是具有周期性,在我国,早在 1930 和 1933 年在黑龙江,1940 年在吉林省有草地螟发生为害^①。随后的 60 多年时间里,总共有 3 次周期性大发生记载,第 1 次是在 1953~1959 年间,主要发生在内蒙古地区;第 2 次是在 1978~1984 年间,在我国的北部黑龙江、吉林、山西、内蒙古及辽宁等地大发生^②;第 3 次则是从 1996 年开始,草地螟种群数量开始明显回升,进入建国以来第 3 个猖獗为害周期^[1],并一直持续至今,目前尚无法判断该周期是否已经结束。自进入第 3 次猖獗为害周期以来,累计发生危害面积已超过 0.27 亿 hm^2 次,造成的直接经济损失已超过 100 亿元。

关于生物和非生物发生动态的周期性波动,国内外的许多研究已经证明气候变化、农业生产活动以及疾病流行的周期性均与太阳活动的周期性有着客观的联系^[2]。目前,关于生物种群数量的周期性波动的大部分研究均集中在小型哺乳动物及森林害虫的研究上,因为这两种研究对象拥有比较完整的历史记录,哺乳动物可以从历史皮毛交易中找到记录,而森林环境相对比较稳定,同时可以从树木年轮的研究中发现害虫大发生的痕迹^[3~5]。如 Beletskii 通过对 1854~1984 年间苏联区域内的 70 种害虫的大发生情况与气候和太阳活动 11a 周期的统计分析发现,大多数害虫的同步性大发生与太阳活动之间有着一种因果关系,并建立了模型^[6]。Beletskii 等讨论了 1756 年以来乌克兰等地区麦扁盾蝽(*Eurygaster integriceps*)大发生的周期性、与太阳活动的关系以及预测预报^[7]。Galkin 研究了西伯利亚松毛虫(*Dendrolimus sibiricus*)60a 的大发生与太阳活动之间的关系,发现该害虫的大发生的起始年与太阳活动谷年的结束年同步,而大发生的峰值年则落在太阳黑子数增加的年间^[8]。Mayers 研究发现北半球森林鳞翅目害虫的大发生和低温气候出现表现出时间同步的时期大部分处于太阳黑子活动谷值年前后^[9];邬祥光研究发现在太阳黑子活动的极小年前后年份的华南地区粘虫 *Mythimna separata* 猖獗发生次数占分析次数的 78.79%^[10];陈龙稳等研究发现稻飞虱(*Nilaparvata lugens*)数量波动与太阳黑子活动的 11a 周期同步,且适合性良好^[11]。江土玲等研究发现在太阳黑子活动的峰年和谷年前后,浙江丽水地区常有森林病虫害暴发成灾^[12]。王培华等研究发现元代华北蝗灾的 11a 左右的大发生周期和 60a 左右的特大蝗灾周期与太阳黑子的 11a 周期和 61a 周期相当,且大蝗灾与重大蝗灾均发生在从太阳黑子活动极大年到极小年的时段内^[13]。孔海江等研究发现在太阳黑子活动高峰年的后一年,河南省东亚飞蝗大发生的可能性超过 90%^[14]。以上这些研究报告都表明:太阳活动与害虫的周期性大发生有着较为密切的关联。既然草地螟发生为害具有典型的周期性,那么其周期性大发生是否与太阳活动也有关联呢?本文将在分析草地螟周期性大发生与太阳黑子活动周期性之间的关系的的基础上,对我国草地螟第 4 个发生为害周期进行长期预测。

1 材料与方法

1.1 资料的获取

虫情资料:在本研究中,收集了建国以来我国草地螟 3 次大发生周期的记载数据,数据以发生面积为尺度,计量单位为万 hm^2 。在我国的发生范围如下:黑龙江省、吉林省、辽宁省、内蒙古自治区、河北省、山西省、

① 顾成玉,1980 年,发表在由嫩江地区植保植检站汇编的《嫩江地区草地螟的发生及防治》中的关于“草地螟发生危害及其防治”和研究报告中记载。

② 内蒙古自治区植保植检站文件,内植保字(1984)12 号;黑龙江省植保植检站,1980,《草地螟资料汇编》;1982 年,草地螟资料选编;河北省农作物病虫害测报站,1984 年,《河北省 1979~1983 年草地螟工作小结》;吉林省植物保护站,1982,《植保简报(测报专号)》第九期;山西省草地螟测报科研协作小组,1984《山西草地螟发生消长动态及其预测和防治的研究》;宁夏回族自治区农牧厅农业技术推广站,1983 年,《植保情报简报》第五期;陕西省植保研究所,1984 年,《陕西北部草地螟大发生研究》;辽宁省农业局,1983 年,《农情简报》

陕西省、甘肃省、青海省、新疆维吾尔自治区。这些数据主要来自中国植物保护 50a^[15],并结合全国各草地螟发生省(区)所记载的历史数据加以整理得出,其中,关于第 3 个大发生周期的数据,收集了到从 1996 年至 2006 年的发生数据。

太阳黑子数据:从美国国家海洋局卫星信息服务国家地球物理数据中心(National Geophysical Data Center, NOAA Satellite and Information Service—NGDC-NOAA)的网站上下下载得到。数据均为按苏黎士天文台使用的太阳黑子相对数统一处理方式所得的结果。太阳黑子相对数的定义如下: $R = 10g + f$,其中 g 代表日面上所看到的黑子群的群数, f 代表所有黑子的总数。

1.2 方法

对草地螟大发生的数据和太阳黑子活动的历史数据进行相关系数分析,和二者之间的相位分析。相关系数用 SPSS11.5 中的 Correlate 模块分析。相位分析是将太阳黑子活动的极大值和极小值分别定为 M 和 m ,并将与极值对应的前后年份 n 分别记为 $M(m) - n$ 和 $M(m) + n$,并列表进行比较分析。

对太阳黑子活动长周期的预测采用的方法是活动周参量法,准确率为 80%^①。对奇数、偶数周期分别进行预测。将已有的太阳黑子活动完整奇偶周期的数据的峰值在时间相位上对齐,再进行叠加,并求算数平均数,得出相应的趋势线。同时再求出平均的持续周期 T 、上升时期 T_1 、下降时期 T_2 ,再从趋势线的峰值向两边取相应的时间段,以此作为太阳黑子活动趋势预测依据。

2 结果分析

2.1 草地螟发生与太阳黑子周期性相关性

将建国以来的 3 个草地螟大发生周期的数据分别与相应的太阳活动周期的太阳黑子相对数进行分析比较,草地螟的第 1 个大暴周期为:1953 ~ 1959 年,相对应的太阳黑子活动 19 周期为:1954 ~ 1963 年;草地螟的第 2 次大发生周期为:1978 ~ 1984 年,相对应的太阳黑子活动 21 周期为:1976 ~ 1985 年;第 3 次大发生的周期为 1996 年至今,分析数据为 1996 ~ 2006 年,同期取相对应的太阳黑子活动 23 周期的 1996 ~ 2006 年数据进行分析(图 1)。

从图 1 可以看出,从太阳黑子活动的第 19 周期至第 23 周期里,在奇数周期内均有草地螟大发生。建国

后草地螟的三个大发生周期分别为:1953 ~ 1959 年;1978 ~ 1984 年;1996 至今,据大田调查的数据显示,近两年也已经接近了草地螟大发生的末期,但尚无法确定该周期是否已经结束。

从各个草地螟大发生周期的强度看,3 个周期中,第 1 个周期的强度明显小于后两个周期,而草地螟大发生周期和对应的太阳黑子活动周期的相关系数分别为: $R_1 = -0.226 (P = 0.627)$; $R_2 = 0.157 (P = 0.747)$; $R_3 = 0.409 (P = 0.212)$ 。这表明草地螟 3 个大发生周期内的发生强度均与对应的太阳黑子活动强度间无明显的相关性,尚无法利用太阳黑子活动的强度进行草地螟大发生强度的预测预报。

2.2 相位分析

对草地螟大发生周期与太阳黑子周期进行的峰值年和谷值年的相位分析结果表明(表 1),草地螟的第 1 个大发生周期的起始年比对应太阳黑子活动周期(第 19 周期)的起始年早 1a,而在太阳黑子活动周期的起始年(谷值年)达到第 1 个高峰,接下来在太阳黑子活动达到峰值的第 3 年达到其第 2 个高峰,最后在太阳黑子活动达到谷值的 3a 前达到谷值,持续周期比对应太阳黑子活动周少 2a。

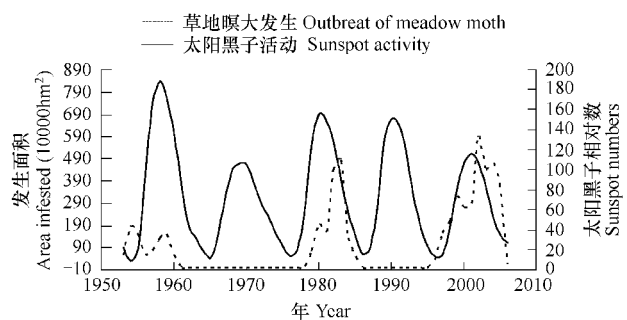


图 1 草地螟大发生与太阳黑子活动的相关关系

Fig. 1 Relationship between sunspot activity and outbreak of meadow moth

① 赵海娟. 太阳活动预报. 中国科学院研究生院硕士论文. 2004.5

从草地螟的第 2 个大发生周期和相对应的太阳黑子活动的第 21 个周期相位分析中可以看出,比太阳黑子活动的第 21 个周期的起始年晚 2a,草地螟开始大发生,并在本周期的太阳黑子活动达到极大年的后 3a 达到高峰。同时在太阳黑子暴周期结束的前一年达到低谷,持续周期比对应太阳黑子活动周期少 3a,二者的大发生的相位表现出极高的一致。

从草地螟的第 3 个大发生周期与太阳黑子活动的第 23 周期的对比可以看出,草地螟的第 3 个大发生周期在太阳黑子活动起始年后的第 2 年开始,而在太阳黑子活动达到极大年后的第 2 年达到高峰,虽然无法断定二者结束时间,但都已经到了末期,相位表现比较一致。

从草地螟的 3 个大发生周期与相对应的 3 次太阳黑子活动周期的对比可以看出,比较特殊的情况出现在第 1 个大发生周期中,在本周期内出现了两个峰值的现象,而且其中一个峰值出现在太阳黑子活动周期的起始年——谷值年。除此之外,在其它的相位对比中,二者的峰值年和谷值年的出现均相差不过 3a,在相位上表现得较为一致。

从该相位分析可知,草地螟大发生周期的起始年应落在 $m-1 \sim m+2$ (a) 的区间内,即在太阳黑子周期起始年的前一年到后两年之间出现。对于峰值出现时间的关系,虽然在建国后的第 1 个草地螟大发生周期里,出现了两个峰值,即一个主峰,一个次峰,但是纵观草地螟的 3 个周期中的峰值出现时间,更有可能出现在相对应的太阳黑子活动周期的峰值年后,因此取第一个大发生周期的次峰出现时间作为第 4 个草地螟大发生预测依据。根据相位分析可知,草地螟大发生的峰值年应落在 $M+2 \sim M+3$ (a) 的区间内,即在对应太阳黑子活动周期的峰值年后的 1~3a 间出现。

表 1 草地螟大发生与太阳黑子活动的相位分析

Table 1 Phase analyze of sunspot activity and outbreak of meadow moth

项目 Subject	第 1 周期 1st period		第 2 周期 2nd period		第 3 周期 3rd period	
	谷年 Min	峰年 Max	谷年 Min	峰年 Max	谷年 Min	峰年 Max
草地螟大发生周期 Outbreak period of meadow moth	1953	1954/1959	1978	1982	1996	2002
与太阳黑子活动周期对比 Compared to sunspot activity period	$m-1$	$m/M+2$	$m+2$	$M+3$	m	$M+2$

“m”代表对应太阳黑子活动周期的相对数极小年,“M”代表极大年 “m” represent as the min year of sunspot activity, while “M” for the max

2.3 草地螟大发生的长周期预测

从以上两方面的分析结果看,太阳黑子活动确实与草地螟的大发生存在着较为密切的相关性,二者在时间序列上表现出极高的同步性,可以利用太阳黑子的长期预测来进行草地螟大发生的长周期预测。首先对太阳活动进行预测,对比几种太阳活动预测预报方法的特点后,采用活动周参量法^①,利用 1~22 周期的太阳黑子数据分奇偶数周期对太阳黑子后续周期进行预测,即对第 23、24、25 周的太阳黑子活动情况进行预报。

如图 2 所示,求出太阳活动的第 1~22 周期中的奇数周期的太阳黑子数的持续时间(T)、上升阶段(T_1)、下降阶段的平均时间(T_2),并将峰值年在时间序列上对齐,再叠加并求平均。结果为: T 为 11, T_1 为 4, T_2 为 7。

如图 3 所示,按照求奇数周期相关特征值的方法,求出偶数周期的 T 为 11, T_1 为 4, T_2 为 7。

综合对太阳活动奇数周期和偶数周期的太阳黑子相对数的发展趋势的预测,可以得知太阳黑子第 23 周期的持续时间为 11a,时间跨度为 1996~2006 年,峰值出现在 2000 年(实际观测值为 2001),第 24 周期的持续时间也为 11a,时间跨度为 2007~2017 年,峰值出现在 2011 年,第 25 周期的持续时间也为 11a,时间跨度为 2018~2028 年,峰值出现在 2022 年。

根据相位分析的结论可知,草地螟可能在 2017~2020 年间开始建国以来的第 4 个大发生周期,并在 2024~2025 年间达到其大发生的高峰。

① 赵海娟. 太阳活动预报. 中国科学院研究生院硕士论文. 2004. 5

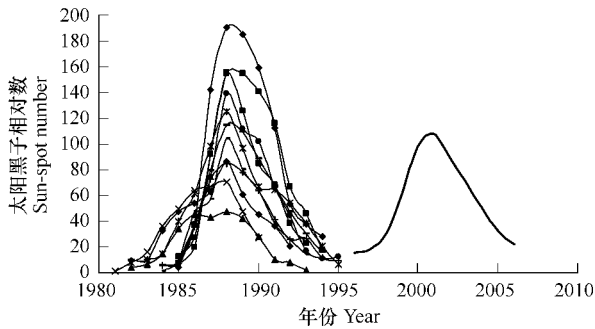


图2 太阳活动奇数周期太阳黑子相对数趋势图

Fig. 2 Trend of sun-spot number in odd cycle of solar activity

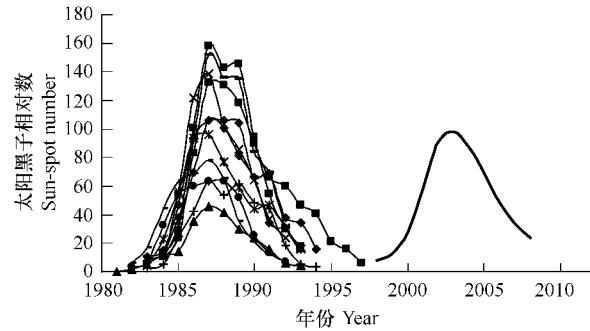


图3 太阳活动偶数周期太阳黑子相对数趋势图

Fig. 3 Trend of sun-spot number in even cycle of solar activity

3 讨论

为了能够准确地对草地螟大发生进行预测预报,以有效地防控草地螟的发生为害,国内外的一些学者专家都曾对草地螟的大发生原因做过探讨,针对越冬代成虫数、气象因子以及迁飞对其大发生的影响做出过论述,并提出相关的数学模型^[16~28],这些研究都为草地螟的中短期的预测预报打下了基础,并且也成功地应用于草地螟的预测预报,例如,罗礼智等成功地预测了草地螟在我国第3个大发生周期的来临以及在2004年一代草地螟的大发生^[1,29]。然而,对于草地螟种群在我国的大发生在长时间序列上表现出的周期性波动的原因,却未见有相关报道,具体的机制尚不明确。而此项工作对于及时开展草地螟防治或者避开其为害都有着十分重要的意义。Knorr & Ryadko 在分析了前苏联西伯利亚地区的草地螟大发生与太阳活动关系后,提出草地螟大发生与太阳活动的低谷期相一致,并根据二者的关系,预测分别在1984~1989年间和1995~2000年间会在欧亚大陆大发生^[30]。然而对于我国的草地螟大发生,这种推测并不十分准确,1984~1989年间在我国没有草地螟的大发生,1995~2000年间正好是我国草地螟的第3个大发生周期的一部分。因此,用前苏联的草地螟大发生记载和太阳活动的对比分析得出的结果,在我国并不准确。与本文分析的结果也不一致,本研究分析的结果认为草地螟在我国的大发生是和太阳活动的奇数周期相一致的,而且峰值的出现时间是与太阳活动的高峰期相一致的,而不是低谷期。因此,引用国内的草地螟大发生记载与太阳活动进行分析,再对草地螟在我国的大发生进行长期预报才是更可靠的。

所获的结果表明,我国草地螟的大发生周期与太阳黑子活动的奇数周期是在时间序列上同步性是比较高的,建国后的3次大发生分别与太阳黑子活动的第19、21、23周期对应。对于在1930,1933年在黑龙江,1940年在我国吉林的草地螟为害,则刚好与太阳黑子活动的第17个周期:1933~1943年相对应,虽然缺乏准确的发生情况数据记载,但是可以大致推测,这个时期的草地螟大发生与太阳活动的第17周期表现相对同步。因此,这更进一步说明,太阳黑子的奇数周期与我国草地螟的大发生似乎有着某种客观的联系,利用太阳黑子活动周期预测来对草地螟的周期性大发生进行预测是有依据的。然而,要进行准确的太阳黑子的周期预测,必需在太阳活动周期开始3.5a左右,结合各种太阳活动指数才能进行,所以如果要草地螟的大发生周期进行更准确的预报,则必需在与草地螟大发生相同步的太阳活动周期开始3.5a后能做到。但利用本研究得出的结论,对草地螟大发生进行长周期的预测,对于提前做好草地螟的防控准备有十分重大的意义。

虽然从本研究中,阐明了草地螟的大发生与太阳黑子的奇数活动周期同步,也为利用太阳黑子活动的预测来对草地螟的周期性大发生进行预测预报打下了一定的基础。然而太阳活动是如何影响草地螟的野外种群变化,太阳活动的奇数周期与偶数周期对草地螟种群的影响存在何种区别从而导致其对草地螟周期性大发生的调控效果不同,其中的机制还不得而知。太阳活动对前苏联和我国的草地螟周期性大发生调控效果不一致又是如何产生的,也有待进一步的研究。另外,如何通过建模等技术,利用太阳黑子活动的预测预报来进行草地螟周期性大发生的预测预报,如何进行草地螟大发生强度的预报,还需进一步的探讨。

References:

- [1] Luo L Z, Li G B, Cao Y Z. The third outbreak period of meadow moth has come. *Plant Protection*, 1996, 22(5): 50—51.
- [2] Xu Z T, Jiang Y T ed. *Sunspot and Human Beings*. Tianjing: Tianjing Science & Technology Press, 1986. 76—123.
- [3] Norrdahl K, Korptmaki E. Changes in population structure and reproduction during a 3-yr population cycle of voles. *Oikos*, 2002, 96: 331—345.
- [4] Daniel E R, Thomas W S, Ann M L. A tree-ring reconstruction of western spruce budworm outbreaks in the San Juan Mountains, Colorado, U. S. A. *Canadian Journal of Forest Research*, 2003, 33: 1011—1028.
- [5] Xu R M, Cheng Y X eds. *Insect population ecology-foundation and advances*. Beijing: Science Press, 2005. 68—97.
- [6] Beletskii E N. Population-dynamic cyclicality as a theoretical basis for forecasting mass occurrences of insects [Russian]. *Zashchita Rastenii* (Moskva), 1986, 12: 16—18.
- [7] Beletskii E N, Litun P P, Zagovora A V. The cyclical nature of mass multiplication of pests [Russian]. *Zashchita Rastenii*, 1983, 6: 20—21.
- [8] Galkin G I. Outbreaks of *Dendrolimus sibiricus* and solar activity [Russian]. *Lesnoe Khozyaistvo*, 1975, 8: 83—85.
- [9] Mayers J H. Synchrony in outbreaks of forest Lepidoptera: a possible example of the Moran effect. *Ecology*, 1998, 79(3): 1111—1117.
- [10] Wu X G. A discussion on “periodicity of insect outbreak”. *Entomological Knowledge*, 1964, 1: 41—46.
- [11] Chen L W, Ouyang X Y, Yang Z H. Correlation between Solar Activity and Population Dynamic of Rice Planthopper. *Jiangxi Plant Protection*, 1994, 17(1): 1—3.
- [12] Jiang T L, Yang S L, Dong L Y. Analysis on the Relationship between Activity of Sunspot and Outbreaks of Forest Pest. *Forest Pest and Disease*, 2001, 4: 16—17.
- [13] Wang P H, Fang X Q. Relationship between the population abundance of Locust and solar activity in Northern China during 1238—1368. *Social Science Front*, 2002, 4: 150—153.
- [14] Kong H J, Lu W S, Wang X D. Effect of El-Niño, La-Niña and Solar Activity on Outbreaks of the Oriental Migratory Locust in Henan Province. *Climatic and Environmental Research*, 2005, 10(1): 86—91.
- [15] Hu B H, Zhao Z H, Li C G. A brief introduction to the advance in Plant Protection in China over the Past 50 Years. In: Chen D S, Hu B H eds. *Plant protection in China over the past 50 years*. Beijing: China Agriculture Press, 2003. 3—37.
- [16] Petrukha O I, Tribel' S A. The population dynamic of *Loxostege sticticalis* [Russian]. *Zashchita Rastenii*, 1975, 4: 41—43.
- [17] Polyakov I Ya, Khomyakova V D, Kub'yas L M. Causes of mass outbreaks of the meadow moth [Russian]. *Zashchita Rastenii*, 1977, 2: 40—41.
- [18] Tribel' S A. Factors limiting multiplication of the beet webworm [Russian]. *Sakharnaya Svekla*, 1979, 5: 36—37.
- [19] Makarova L A, Doronina G M. A logical model for forecasting phase of the population dynamic of the meadow moth. *Proceedings of the All-Union Research Institute for Plant Protection. Ecological and physiological preconditions for a modern system of control of the meadow moth*. All-Union Lenin Academy of Agricultural Sciences, Leningrad, USSR: 1980, reed, 1982. 42—68.
- [20] Berger L P. Forecasting abundance of the meadow moth. *Zashchita Rastenii*, 1985, 1: 51—53.
- [21] Knorr I B. The problem of outbreak of the meadow in Siberia. *Trydy Vsesoyuznogo Entomologicheskogo Obshchestva*, 1986, 68: 162—165.
- [22] Luo L Z, Zhang H J, Kang A G. Causes for the outbreak of meadow moth, *Loxostege sticticalis* in the Zhangjiakou region of Hebei Province during 1997 Production season. *Journal of Natural Disasters*, 1998, 7(3): 158—164.
- [23] Qu X F, Shao Z R, Wang J Q. Analysis of Periodic Outbreak of Meadow Moth in Agricultural and Pastoral Area of North China. *Entomological Knowledge*, 1999, 36(1): 11—14.
- [24] Jia S Y, Meng Z P, Yang Z M. Characteristics and Reasons for the Outbreak of Meadow Moth at Wulanchabu region in 1997. *Inner Mongolia Agricultural Science and Technology*, 2000, 2: 31—32.
- [25] Sun Y J, Gao Y P. Relationship between migration and spring outbreak population of meadow moth. In: Li D M ed. *Contemporary Entomology Research Proceedings of Conference for the both Anniversary of the Entomology Society of China*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2004. 230—232.
- [26] Kang A G, Fan R X, Zhang Y H. Occurrence Characteristics, Factors and Control Measures of *Loxostege sticticalis* in The Third Occurrence Period. *Entomological Knowledge*, 2003, 40(1): 75—79.
- [27] Kang A G, Yang H Z, Li Q. Relationship between The Overwintering Generation and The First Generation of The Beet Webworm. *Entomological Knowledge*, 2004, 41(1): 70—72.
- [28] Wang C R, Xu Z F, Xu B C. Characteristic and Causes for the Outbreak to Meadow Moth in Heilongjiang Province in 2004. *Soybean Bulletin*, 2005, 4: 21—22.
- [29] Luo L Z. The 1st Generation of Meadow Moth will be outbreak in China in 2004. *Plant Protection*, 2004, 30(3): 86—88.

- [30] Knorr I B, Ryabko B Ya. Relation between outbreak of the meadow moth in Siberia and solar activity. Izvestiya Sibirskogo Otdeleniya Akademiiy Nauk SSSR, B. 1981. 5 vyp. 1, 113 — 116. .

参考文献:

- [1] 罗礼智, 李光博, 曹雅忠. 草地螟第三次猖獗为害周期已经来临. 植物保护, 1996, 22(5): 50 ~ 51.
- [2] 徐振韬, 蒋窈窕, 编著. 太阳黑子与人类. 天津: 天津科学技术出版社, 1986. 76 ~ 123.
- [5] 徐汝梅, 成新跃, 编著. 昆虫种群生态学——基础与前沿. 北京: 科学出版社, 2005. 68 ~ 97.
- [10] 邬祥光. 对“害虫猖獗周期性”问题讨论的几点意见. 昆虫知识, 1964, 1: 41 ~ 46.
- [11] 陈龙稳, 欧阳享决, 杨志华, 等. 太阳活动与稻飞虱数量波动关系的研究. 江西植保, 1994, 17(1): 1 ~ 3.
- [12] 江土玲, 杨少丽, 董丽云, 等. 太阳黑子活动与森林病虫害暴发成灾的分析. 中国森林病虫, 2001, 4: 16 ~ 17.
- [13] 王培华, 方修琦. 1238 ~ 1368 年华北地区蝗灾的时聚性与重现期及其与太阳活动的关系. 社会科学战线, 2002, 4: 150 ~ 153.
- [14] 孔海江, 陆维松, 王晓丹, 等. El ~ Niño, La ~ Niña 事件与太阳活动对河南省东亚飞蝗大发生的影响. 气候与环境研究, 2005, 10(1): 86 ~ 91.
- [15] 胡伯海, 赵中华, 李春广, 等. 中国植物保护五十年发展概况. 见: 陈斗生, 胡伯海主编. 中国植物保护五十年. 北京: 中国农业出版社, 2003. 3 ~ 37.
- [22] 罗礼智, 张红杰, 康爱国. 张家口 1997 年一代草地螟幼虫大发生原因分析. 自然灾害学报, 1998, 7(3): 158 ~ 164.
- [23] 屈西锋, 邵振润, 王建强. 我国北方农牧区草地螟暴发周期特点及原因剖析. 昆虫知识, 1999, 36(1): 11 ~ 14.
- [24] 贾淑英, 孟正平, 杨振明, 等. 乌兰察布盟 1997 年草地螟大发生特点及原因分析. 内蒙古农业科技, 2000, 2: 31 ~ 32.
- [25] 孙稚杰, 高月波. 草地螟的迁飞与春季发生种群虫源的探讨. 见: 李典模, 等主编. 当代昆虫学研究——中国昆虫学会成立 60 周年纪念大会暨学术讨论会论文集. 北京: 中国农业科技出版社, 2004. 230 ~ 232.
- [26] 康爱国, 樊荣贤, 张玉慧, 等. 草地螟第三个暴发周期的发生特点、成因及防治对策. 昆虫知识, 2003, 40(1): 75 ~ 79.
- [27] 康爱国, 杨海珍, 李强, 等. 草地螟越冬代虫量与第一代草地螟发生关系的研究. 昆虫知识, 2004, 41(1): 70 ~ 72.
- [28] 王春荣, 徐兆飞, 许百成, 等. 2004 年黑龙江省草地螟发生特点与暴发成因分析. 大豆通报, 2005, 4: 21 ~ 22.
- [29] 罗礼智. 我国 2004 年一代草地螟将暴发成灾. 植物保护, 2004, 30(3): 86 ~ 88.