

# ENSO 事件和太阳黑子活动与我国长江中下游 稻区褐飞虱大发生关系的研究

舒 畅<sup>1</sup>, 姚英娟<sup>2</sup>, 曾小军<sup>3</sup>, 黄荣华<sup>3\*</sup>, 丁 建<sup>3</sup>

(1. 江西省植保植检局, 江西 南昌 330009; 2. 江西省农业科学院 植物保护研究所, 江西 南昌 330200; 3. 江西省农业科学院 农业信息研究所, 江西 南昌 330200)

**摘要:** 根据 1954—2010 年海洋尼诺指数、1937—2009 年太阳黑子相对数和 1957—2009 年我国长江中下游稻区褐飞虱大发生年份的资料, 应用相位分析、相关分析和关键时方法分析 ENSO 事件和太阳黑子活动与我国长江中下游稻区褐飞虱大发生之间的关系。结果表明: 我国长江中下游稻区褐飞虱在太阳黑子谷值年的前 1 年和厄尔尼诺发生年的当年大发生的可能性较大; 在太阳黑子谷值年以及拉尼娜发生年后的第 4 年不会大发生的可能性较大。此外褐飞虱大发生年主要出现在太阳黑子活动周期的下降阶段。前 17 年的太阳黑子相对数与当年褐飞虱大发生之间具有显著的正相关性。太阳黑子活动具有明显的 11 年左右的周期性, 我国长江中下游稻区褐飞虱的大发生在局部上存在 8~9 年的周期性。

**关键词:** ENSO 事件; 太阳黑子活动; 褐飞虱; 大发生; 关系

中图分类号: S431.21; S435.112+.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)02-0258-06

## A Study on Relationship between ENSO Event, Activity of Sunspot and Outbreak of *Nilaparvata lugens* in Middle and Lower Reaches of Yangtze River

SHU Chang<sup>1</sup>, YAO Ying-juan<sup>2</sup>, ZENG Xiao-jun<sup>3</sup>,  
HUANG Rong-hua<sup>3\*</sup>, DING Jian<sup>3</sup>

(1. Jiangxi Provincial Bureau of Plant Protection and Quarantine, Nanchang 330009, China; 2. Institute of Plant Protection, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China; 3. Institute of Agricultural Information, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China)

**Abstract:** According to the data of oceanic Niño index during 1954 to 2010, the relative number of sunspot during 1937 to 2009, and the outbreak of rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) in the middle and lower reaches of the Yangtze River from 1957 to 2009, the relationship between ENSO event, the activity of sunspot and the outbreak of *N. lugens* in the middle and lower reaches of the Yangtze River was studied by using phase analysis, correlation analysis and key-time analysis. The results indicated that the outbreaks of *N. lugens* were mainly found in the last year of sunspot valley years and the same year of El Niño years, the possibility of no-outbreak in sunspot valley years and in the fourth year after La Niña years was greater. In addition, the outbreak years of *N. lugens* mainly appeared at the declining stage of sunspot cycle. There was

收稿日期: 2010-10-22 修回日期: 2011-01-25

基金项目: 江西省自然科学基金项目(2009GQN0059)和江西省农科院人才专项(2008CBS004)

作者简介: 舒畅(1958—),男,研究员,主要从事农作物病虫害测报防治工作, E-mail: sc58@163.com; \* 通讯作者: 黄荣华,副研究员, E-mail: huanghua@tom.com。

significantly positive correlation between the relative number of sunspot 17 years ago and the outbreak of *N. lugens* in the same year. Sunspot activity had obvious periodicity of about 11 years, and the outbreak of *N. lugens* had the periodicity of 8–9 years in some areas.

**Key words:** ENSO event; sunspot activity; *N. lugens*; outbreak; relationship

ENSO 是厄尔尼诺 (El Niño) 和南方涛动 (Southern Oscillation) 的合称,是热带海洋和大气中的异常现象,也是全球海、气相互作用的强烈信号<sup>[1]</sup>。ENSO 事件的发生会引起全球性的气候异常<sup>[2]</sup>。目前世界各国定义 ENSO 事件发生与否的标准仍不统一。近年来,美国海洋大气局 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 主要利用海洋尼诺指数 (Oceanic Niño index, ONI) 来定义 ENSO: 当  $ONI \geq +0.5$  °C 持续 5 个月以上时称为 1 次 El Niño 事件,当  $ONI \leq -0.5$  °C 持续 5 个月以上时称为 1 次 La Niña (拉尼娜) 事件<sup>[3]</sup>。太阳黑子是在太阳的光球层上发生的一种太阳活动,是太阳表面上一种炽热气体的巨大漩涡,因为其温度比太阳的光球层表面温度要低,所以看上去像一些深暗色的斑点。太阳黑子活动具有明显的 11 年左右的周期性<sup>[4]</sup>。

褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*) 是我国和许多亚洲国家水稻生产上的主要害虫,也是一种远距离迁飞性害虫,其在我国长江流域及其以南稻区常常暴发成灾,造成水稻大面积大幅度的减产。褐飞虱仅能在我国两广南部、福建和云南南部以及台湾、海南岛等地区越冬,但越冬虫源很少。我国褐飞虱每年早春的初始虫源主要是随西南气流由亚洲大陆南部和热带终年发生地从南向北逐代迁飞而来<sup>[5]</sup>。因此我国褐飞虱的大发生主要受迁入虫量的影响,此外还受迁入定居后当地气候、食料及天敌等因素的综合影响。而褐飞虱的迁入虫量又与该虫在热带终年发生地的越冬虫源基数及大范围的大气环流等有直接关系。ENSO 事件的发生会造成全球大气环流尤其是热带大气环流的严重持续异常<sup>[6]</sup>,从而会在一定程度上影响褐飞虱越冬虫源从热带终年发生地向我国的迁飞。太阳黑子的周期性活动会引起全球大范围气候条件 (如温度、湿度、光照强度等) 的变化,也可能会影响褐飞虱的越冬虫源基数及其迁入后的种群消长动态。因此 ENSO 事件和太阳黑子活动与我国褐飞虱大发生之间可能存在某种内在联系。有关 ENSO 事件和太阳黑子活动与国内外农作物害虫大发生之间的关系,已有一些研究报道,国外 Uichanco<sup>[7]</sup> 研究发现菲律宾东亚飞蝗的大发生与太阳黑子 11 年的变化周期相符合; Galkin<sup>[8]</sup> 研究了西伯利亚松毛虫 (*Dendrolimus sibiricus*) 60 年的大发生与太阳活动之间的关系,发现该害虫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; Morishita<sup>[9]</sup> 根据日本 1937—1989 年水稻褐飞虱和白背飞虱大发生的资料,分析了这两种害虫的大发生与 ENSO 现象的关系,发现总共 13 次大发生中有 11 次出现在 ENSO 事件的次年; Selas V<sup>[10]</sup> 通过时间序列分析,发现太阳黑子数与挪威山区桦树林中秋天和冬天的夜蛾种群指数之间呈显著的负相关。又如国内黄绍哲等<sup>[11]</sup> 研究发现建国以来我国草地螟的 3 个大发生周期分别与对应的太阳黑子活动的第 19、21 和第 23 周期在时间序列上表现出极高的同步性; 孔海江等<sup>[12]</sup> 用研究灾变规律的关键时方法分析了厄尔尼诺、拉尼娜事件及太阳活动对河南省东亚飞蝗大发生的影响,结果发现厄尔尼诺和拉尼娜事件不会促使河南东亚飞蝗的大发生,但在太阳黑子相对数高年的后一年,河南省东亚飞蝗大发生的可能性超过 90%; 朱敏等<sup>[13]</sup> 研究了 ENSO 事件的发生对我国褐飞虱大发生的影响,发现在南方涛动强烈异常的当年,我国褐飞虱将为大发生年; 在厄尔尼诺或拉尼娜事件的当年,为中到大发生年; 在 ENSO 事件的间歇期,为轻发生年。本文在前人研究的基础上,探讨了 1954—2010 年期间 ENSO 事件和太阳黑子活动与我国长江中下游稻区褐飞虱大发生之间的关系,旨在为我国褐飞虱的长期预测提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 ENSO 事件和太阳黑子的历史资料 1954 年 1 月—2010 年 9 月的 ONI 逐月资料来自 NOAA 气候预测中心 CPC 网站 (<http://www.cpc.noaa.gov/data/indices/>)。1937—2009 年太阳黑子相对数资料来自比利时太阳影响资料分析中心 (Solar Influences Data Analysis Center, SIDC) 官方网站 (<http://sidc.oma.be/sunspot-data/>)。

1.1.2 褐飞虱大发生的历史资料 1957—2009年我国长江中下游稻区褐飞虱大发生的原始资料主要来源于胡国文等<sup>[14]</sup>、程遐年等<sup>[15]</sup>和全国农业技术推广服务中心定期发布的《植物病虫害情报》,此外还参考了其他一些文献报道,主要根据发生量来判断大发生年份。

## 1.2 方法

1.2.1 ENSO事件发生的确定 本文根据NOAA发布的逐月ONI来确定ENSO事件发生与否,对于跨年度发生的ENSO事件,在其中某年内若 $ONI \geq +0.5$ ℃(或 $ONI \leq -0.5$ ℃)持续5个月以上,则称该年为厄尔尼诺(或拉尼娜)发生年。

1.2.2 相位分析法 将厄尔尼诺发生年、拉尼娜发生年、太阳黑子峰值年、太阳黑子谷值年分别记为 $E$ 、 $L$ 、 $M$ 、 $m$ 年,将 $E$ 、 $L$ 、 $M$ 、 $m$ 年之前的第 $i$ 年分别记为 $E-i$ 、 $L-i$ 、 $M-i$ 、 $m-i$ 年,将 $E$ 、 $L$ 、 $M$ 、 $m$ 年之后的第 $i$ 年分别记为 $E+i$ 、 $L+i$ 、 $M+i$ 、 $m+i$ 年,统计分析在这些年份里我国长江中下游稻区褐飞虱大发生的规律性。

1.2.3 关键时分析法<sup>[16]</sup> 将我国长江中下游稻区褐飞虱大发生年份记为1级,非大发生年份记为0级。设褐飞虱大发生年份(级别)有时间序列 $\{x_t\}$ , $t=1,2,\dots,N$ ,列出对褐飞虱大发生年份(级别)可能有影响的厄尔尼诺发生年、拉尼娜发生年、太阳黑子峰值年、太阳黑子谷值年,将它们称为关键年,分别记为 $E$ 、 $L$ 、 $M$ 、 $m$ 年。计算总序列 $\{x_t\}$ 的样本均值 $\mu$ 和标准差 $\sigma$ ,公式如下:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N x_t \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (x_t - \mu)^2} \quad (2)$$

记关键年及前后错位 $l$ 年的子序列为 $\{x_{t_i+l}\}$ , $l=0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm L$ ,对这 $2L+1$ 个子序列分别计算样本均值 $\bar{X}^{(l)}$ :

$$\bar{X}^{(l)} = \frac{1}{m_l} \sum_{i=1}^n x_{t_i+l}, l=0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm L \quad (3)$$

式中若 $\{x_{t_i+l}\} \notin \{x_t\}$ ,则令其为0,分母 $m_l$ 取求和项数。

计算统计量 $u$ ,进行异常分析:

$$u = \frac{\bar{X}^{(l)} - \mu}{\sigma / \sqrt{m_l}} \quad (4)$$

若 $u$ 值大于 $u_\alpha$ ,则在 $1-\alpha$ 置信度下认为当与关键年错位 $l$ 年时褐飞虱可能会大发生;若 $u$ 值小于 $-u_\alpha$ ,则在 $1-\alpha$ 置信度下认为当与关键年错位 $l$ 年时褐飞虱可能不会大发生。

## 2 结果与分析

### 2.1 1954—2010年发生的ENSO事件

根据上述确定ENSO事件发生与否的方法,确定在1954—2010年期间共发生厄尔尼诺事件18次,相应的厄尔尼诺发生年有18年;共发生拉尼娜事件14次,相应的拉尼娜发生年有17年(表1)。

### 2.2 厄尔尼诺事件与褐飞虱大发生之间的关系

2.2.1 相位分析结果 1957—2009年期间,我国长江中下游稻区褐飞虱共有15年大发生(表2)。从表2可以看出:褐飞虱大发生在 $E$ 年共出现8次,在 $E+3$ 年出现6次,在 $E+1$ 、 $E-3$ 和 $E+4$ 年各出现5次,在 $E-1$ 年出现4次。因此我国长江中下游稻区褐飞虱主要在厄尔尼诺发生年的当年和厄尔尼诺发生年后的第3年大发生,两者共出现14次。

2.2.2 关键时分析结果 由表3可知:在 $E$ 年的统计量 $u$ 值最大,为1.5204,接近于 $u_{0.10} = 1.645$ ;其它年份的 $u$ 值都较小。因此厄尔尼诺事件对当年褐飞虱大发生的影响接近于达到统计学上的显著水平,在厄尔尼诺发生年的当年我国长江中下游稻区褐飞虱大发生的可能性较大,大发生概率达到44.44%。

### 2.3 拉尼娜事件与褐飞虱大发生之间的关系

2.3.1 相位分析结果 从表2可见:我国长江中下游稻区褐飞虱大发生在 $L-1$ 、 $L-2$ 和 $L+2$ 年各出

现 6 次, 在  $L-3$  年出现 4 次, 在  $L, L+1$  和  $L+3$  年各出现 3 次。因此, 我国长江中下游稻区褐飞虱在拉尼娜年的前 1 至 2 年和拉尼娜年后的第 2 年大发生的可能性较大, 这 3 种情况共出现 18 次。

表 1 1954—2010 年发生的 ENSO 事件

Tab. 1 Occurrent ENSO events during 1954—2010

事件类别 Type of event	起止年月 Beginning and end of year and month	长度/月 Length of time	厄尔尼诺发生年 El Niño year	事件类别 Type of event	起止年月 Beginning and end of year and month	长度/月 Length of time	拉尼娜发生年 La Niña year
厄尔尼诺 El Niño	1957-04—1958-06	15	1957, 1958	拉尼娜 La Niña	1954-04—1957-01	34	1954, 1955, 1956
厄尔尼诺 El Niño	1963-07—1964-01	7	1963	拉尼娜 La Niña	1961-09—1962-04	8	
厄尔尼诺 El Niño	1965-06—1966-04	11	1965	拉尼娜 La Niña	1964-04—1965-02	11	1964
厄尔尼诺 El Niño	1968-11—1969-05	7	1969	拉尼娜 La Niña	1967-10—1968-04	7	
厄尔尼诺 El Niño	1969-09—1970-01	5		拉尼娜 La Niña	1970-07—1972-01	19	1970, 1971
厄尔尼诺 El Niño	1972-05—1973-03	11	1972	拉尼娜 La Niña	1973-05—1974-07	15	1973, 1974
厄尔尼诺 El Niño	1976-09—1977-02	6		拉尼娜 La Niña	1974-09—1976-05	21	1975, 1976
厄尔尼诺 El Niño	1977-09—1978-01	5		拉尼娜 La Niña	1983-09—1984-01	5	
厄尔尼诺 El Niño	1982-05—1983-06	14	1982, 1983	拉尼娜 La Niña	1984-10—1985-06	9	1985
厄尔尼诺 El Niño	1986-08—1988-02	19	1986, 1987	拉尼娜 La Niña	1988-05—1989-05	13	1988, 1989
厄尔尼诺 El Niño	1991-05—1992-06	14	1991, 1992	拉尼娜 La Niña	1995-09—1996-03	7	
厄尔尼诺 El Niño	1993-03—1993-07	5	1993	拉尼娜 La Niña	1998-07—2000-06	24	1998, 1999, 2000
厄尔尼诺 El Niño	1994-04—1995-03	12	1994	拉尼娜 La Niña	2000-10—2001-02	5	
厄尔尼诺 El Niño	1997-05—1998-04	12	1997	拉尼娜 La Niña	2007-09—2008-05	9	2008
厄尔尼诺 El Niño	2002-05—2003-03	11	2002				
厄尔尼诺 El Niño	2004-07—2005-02	8	2004				
厄尔尼诺 El Niño	2006-09—2007-01	5					
厄尔尼诺 El Niño	2009-06—2010-04	11	2009				

表 2 褐飞虱大发生年与 ENSO 事件相位的关系

Tab. 2 Relationship between outbreak year of *N. lugens* and the phase of ENSO events

褐飞虱大发生年份 Outbreak year of <i>N. lugens</i>	厄尔尼诺发生年相位 Phase of El Niño year	拉尼娜发生年相位 Phase of La Niña year	褐飞虱大发生年份 Outbreak year of <i>N. lugens</i>	厄尔尼诺发生年相位 Phase of El Niño year	拉尼娜发生年相位 Phase of La Niña year
1957	$E, E-1$	$L+1, L+2$	1985	$E+2, E+3, E-1, E-2$	$L, L-3, L-4$
1958	$E, E+1$	$L+2, L+3$	1987	$E, E+1, E+4, E-4$	$L-1, L-2, L+2$
1966	$E+1, E+3, E-3$	$L+2, L-4$	1991	$E, E+4, E-1, E-2, E-3$	$L+2, L+3$
1969	$E, E+4, E-3$	$L-1, L-2, L-4$	1997	$E, E+3, E+4$	$L-1, L-2, L-3$
1974	$E+2$	$L, L+1, L+3, L+4, L-1, L-2$	2005	$E+1, E+3, E-4$	$L-3$
1975	$E+3$	$L, L-1, L+1, L+2, L+4$	2006	$E+2, E+4, E-3$	$L-2$
1982	$E, E-1, E-4$	$L-3$	2007	$E+3, E-2$	$L-1$
1983	$E, E+1, E-3$	$L-2$			

表 3 厄尔尼诺事件对褐飞虱大发生年份的影响

Tab. 3 Effect of El Niño events on the outbreak year of *N. lugens*

项目 Item	厄尔尼诺发生年及其前后 4 年 El Niño year and 4 years before or after it								
	$E-4$	$E-3$	$E-2$	$E-1$	$E$	$E+1$	$E+2$	$E+3$	$E+4$
$u$ 值 $u$ -value	-0.293 2	0.261 8	-0.848 2	-0.436 8	1.520 4	0.101 6	-0.975 2	0.640 0	0.101 6
大发生概率 Outbreak probability	4/16	5/16	3/16	4/17	8/18	5/17	3/17	6/17	5/17

2.3.2 关键时分析结果 从表 4 可以看出: 从  $L-4$  年至  $L+4$  年, 各年的  $u$  值既不大于 1.645, 也不小于 -1.645, 因此均没有达到统计学上的显著水平 ( $P > 0.10$ ), 即拉尼娜事件对我国长江中下游稻区褐飞虱大发生年份没有显著的影响。尽管如此, 但是在  $L+4$  年的  $u$  值最小, 为 -1.287 0, 因此在  $L+4$  年褐飞虱不会大发生的可能性较大, 不会大发生的概率达到 86.67%。

## 2.4 太阳黑子活动与褐飞虱大发生之间的关系

2.4.1 相位分析结果 由图 1 可见: 在 15 个褐飞虱大发生年中, 在太阳黑子  $m-1$  年出现次数最多, 为

表 4 拉尼娜事件对褐飞虱大发生年份的影响

Tab. 4 Effect of La Niña events on the outbreak year of *N. lugens*

项目 Item	拉尼娜发生年及其前后 4 年 La Niña year and 4 years before or after it									
	L-4	L-3	L-2	L-1	L	L+1	L+2	L+3	L+4	
u 值 u-value	-0.570 9	0.022 4	1.209 0	1.209 0	-0.570 9	-0.713 8	1.005 8	-0.713 8	-1.287 0	
大发生概率 Outbreak probability	3/14	4/14	6/14	6/14	3/14	3/15	6/15	3/15	2/15	

3 次;其次在  $M+1$ 、 $M-2$ 、 $m+1$ 、 $m-2$  和  $m-3$  年各出现 2 次;在其它相位出现 0 或 1 次。总体而言,褐飞虱大发生年份相对于太阳黑子活动周期的相位分布比较分散,规律性不强。另外,在 15 个褐飞虱大发生年中,除 1 年处于峰值年、3 年处于太阳黑子活动周期的上升阶段外,其余 11 年均处于太阳黑子活动周期的下降阶段。表明褐飞虱大发生年主要出现在太阳黑子活动周期的下降阶段。

2.4.2 相关分析结果 根据 1937—2009 年太阳黑子相对数

和 1957—2009 年我国长江中下游稻区褐飞虱大发生年份的资料,将褐飞虱大发生年份记为 1 级,非大发生年份记为 0 级,采用简单相关分析法,普查了前 20 年至当年的太阳黑子相对数与当年褐飞虱大发生年份级别之间的相关性。结果发现前 17 年的太阳黑子相对数与当年褐飞虱大发生年份级别之间的正相关性达到了显著水平 [相关系数  $r=0.284 1 > r_{0.05}(51) = 0.271$ ];其它年份的相关性均没有达到显著水平。说明前 17 年的太阳黑子相对数可能与当年褐飞虱大发生年份级别之间有一定的关系。

2.4.3 关键时分析结果 分析结果见表 5。从表 5 可以看出:太阳黑子峰值年(或谷值年)及其前后 4 年的 u 值的绝对值虽然均低于 1.645,但以  $m-1$  年的 u 值最大(1.573 5),以  $m$  年的 u 值最小(-1.404 9),均接近于统计学显著水平。表明我国长江中下游稻区褐飞虱在太阳黑子谷值年的前 1 年大发生的可能性最大,大发生概率达到 60%;在太阳黑子谷值年不会大发生的可能性最大,不会大发生的概率达到 100%。

表 5 太阳黑子活动对褐飞虱大发生年份的影响

Tab. 5 Effect of sunspot activity on the outbreak year of *N. lugens*

项目 Item	太阳黑子峰值年及其前后 4 年 Sunspot peak year and 4 years before or after it									
	M-4	M-3	M-2	M-1	M	M+1	M+2	M+3	M+4	
u 值 u-value	0.963 4	-0.146 6	0.963 4	-1.256 6	-0.412 1	0.580 7	-0.412 1	-0.412 1	-0.412 1	
大发生概率 Outbreak probability	2/4	1/4	2/4	0/4	1/5	2/5	1/5	1/5	1/5	
项目 Item	太阳黑子谷值年及其前后 4 年 Sunspot valley year and 4 years before or after it									
	m-4	m-3	m-2	m-1	m	m+1	m+2	m+3	m+4	
u 值 u-value	-0.412 1	0.580 7	0.580 7	1.573 5	-1.404 9	0.580 7	-0.146 6	-1.256 6	-1.256 6	
大发生概率 Outbreak probability	1/5	2/5	2/5	3/5	0/5	2/5	1/4	0/4	0/4	

### 3 小结与讨论

#### 3.1 小结

本研究结果表明:褐飞虱大发生年主要出现在太阳黑子活动周期的下降阶段。前 17 年的太阳黑子相对数与当年褐飞虱大发生年份级别之间呈显著正相关关系。尽管厄尔尼诺、拉尼娜事件和太阳黑子

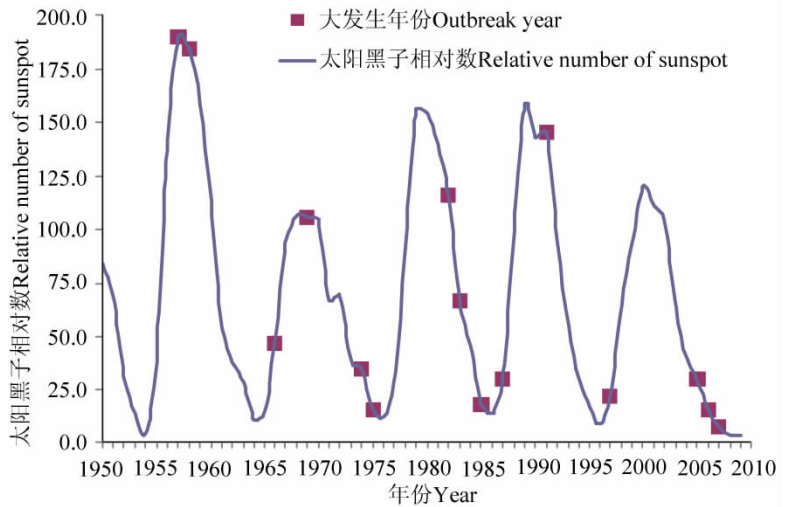


图 1 太阳黑子周期与褐飞虱大发生年份之间的关系

Fig. 1 Relationship between sunspot cycle and the outbreak year of *N. lugens*

活动对我国长江中下游稻区褐飞虱大发生的影响均没有达到统计学上的显著水平,但是我国长江中下游稻区褐飞虱在太阳黑子谷值年的前1年大发生的可能性最大,大发生概率达到60.00%;在厄尔尼诺发生年的当年大发生的可能性较大,大发生概率达到44.44%;在太阳黑子谷值年不会大发生的可能性最大,不会大发生的概率达到100%;在拉尼娜年后的第4年不会大发生的可能性较大,不会大发生的概率达到86.67%。

### 3.2 讨论

从图1可以明显看出,太阳黑子活动具有明显的11年左右的周期性。我国长江中下游稻区褐飞虱的大发生年份是否也具有周期性?这个问题值得探讨。从长江中下游稻区褐飞虱相邻两个大发生年相隔年份数来看,相隔1年出现5次,相隔2年和8年各出现2次,相隔3,4,5,6,7年各出现1次。因此总体上其大发生年份的周期性不明显。从长江中下游稻区褐飞虱任意两个大发生年相隔年份数来看,相隔8年出现的频次最多,达到6次;其次为相隔1,9,16年,各出现5次。因此其大发生年份在局部上存在8至9年的周期性。

如上所述,厄尔尼诺事件对我国长江中下游稻区当年褐飞虱大发生的影响接近于达到统计学上的显著水平,褐飞虱的大发生出现在厄尔尼诺发生年的可能性较大。这一研究结论很容易令人理解,因为厄尔尼诺事件发生时赤道中、东太平洋海表温度大范围异常偏高 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上、且持续5个月以上,它会引起全球性气候尤其是热带大气环流的严重持续异常,从而会影响褐飞虱在热带等地区的越冬、向我国的迁入以及在我国定居后的生长发育和繁殖,进而可能会导致我国长江中下游稻区褐飞虱的大发生。

本文的研究结果可以为我国长江中下游稻区褐飞虱大发生的长期预测提供参考。例如2008年是拉尼娜发生年,根据褐飞虱大发生年出现在 $L+4$ 年的可能性较小,预计2012年褐飞虱大发生的可能性较小;2005—2007年是长江中下游稻区褐飞虱大发生年,根据褐飞虱大发生年在局部上存在8至9年的周期性,预计其在2013—2016年再次大发生的可能性很大。

致谢: 本文承蒙江西省农业科学院叶正襄研究员审阅和修改,特此表示感谢!

### 参考文献:

- [1] 许武成,马劲松,王文. 关于 ENSO 事件及其对中国气候影响研究的综述[J]. 气象科学,2005,25(2): 212-219.
- [2] 赵汉光. 厄尔尼诺与我国气候异常[C]//长期天气预报论文集. 北京:气象出版社,1990: 108-118.
- [3] 许武成,王文,马劲松,等. 1951—2007 年的 ENSO 事件及其特征值[J]. 自然灾害学报,2009,18(4): 18-24.
- [4] 徐振韬,蒋窈窕. 太阳黑子与人类[M]. 天津:天津科学技术出版社,1986: 1-25.
- [5] 南京农业大学,江苏农学院,安徽农学院,等. 农业昆虫学[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1991: 190-198.
- [6] 向元珍. El Niño 事件对我国大气环流影响的传播途径[J]. 科学通报,1992,37(18): 1677-1680.
- [7] Uichanco L B. Secular trends of locust outbreaks in the Philippine and their apparent relation with sunspot cycle[J]. Philippine Agriculture, 1936(26): 237-256.
- [8] Galkin G I. Outbreaks of *Dendrolimus sibiricus* and solar activity[J]. Lesnoe Khozyaistvo,1975(8): 83-85.
- [9] Morishita M. A possible relationship between outbreaks of planthoppers, *Nilaparvata lugens* Stal and *Sogatella furcifera* Horvath (Hemiptera: Delphacidae) in Japan in the El Niño phenomenon[J]. Applied Entomology and Zoology,1992,27(2): 297-299.
- [10] Selas V, Hogstad O, Kobro S, et al. Can sunspot activity and ultraviolet-B radiation explain cyclic outbreaks of forest moth pest species[J]. The Royal Society Proceedings B, Biological Sciences,2004,271(1551): 1897-1901.
- [11] 黄绍哲,江幸福,雷朝亮,等. 草地螟(*Loxostege sticticalis*) 周期性大发生与太阳黑子活动的相关性[J]. 生态学报,2008,28(10): 4823-4828.
- [12] 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[J]. 气候与环境研究,2005,10(1): 86-91.
- [13] 朱敏,胡国文,唐健,等. 全球气候异常(ENSO 事件的发生)对我国褐飞虱大发生的影响[J]. 中国农业科学,1997,30(5): 1-5.
- [14] 胡国文,唐启义,马巨法,等. 中国褐飞虱的分布和危害[J]. 昆虫知识,1997,34(1): 50-51.
- [15] 程遐年,吴进才,马飞. 褐飞虱研究与防治[M]. 北京:中国农业出版社,2003: 26-36.
- [16] 项静恬,史久恩. 非线性系统中数据处理的统计方法[M]. 北京:科学出版社,2000: 1-43.