

# 太阳黑子周期与褐飞虱大发生年份的关系

黄荣华<sup>1</sup> 舒畅<sup>2</sup> 姚英娟<sup>3</sup> 丁建<sup>1</sup> 周军<sup>1</sup>

1. 江西省农业科学院农业信息研究所, 南昌 330200;

2. 江西省植保植检局, 南昌 330009; 3. 江西省农业科学院植物保护研究所, 南昌 330200

**摘要** 根据1912—2006年东亚地区褐飞虱大发生年份、1959—2010年东南亚地区褐飞虱大发生年份的资料以及1880—2009年太阳黑子相对数资料,采用相关分析、相位分析、关键时分析及周期分析方法,探讨了太阳黑子周期与国内外褐飞虱大发生年份之间的关系。研究结果表明:当年东亚地区及东南亚地区褐飞虱大发生年份级别均与前17年的太阳黑子相对数之间的正相关性达到极显著水平( $P < 0.01$ );东亚地区及东南亚地区褐飞虱大发生年均主要处于太阳黑子活动周期的下降阶段;太阳黑子活动周期对东亚地区及东南亚地区褐飞虱大发生年份的影响均没有达到统计学上的显著水平( $P > 0.10$ );东亚地区褐飞虱大发生年份在局部上存在8~9年的周期性,东南亚地区褐飞虱大发生年份在局部上存在1~2年的周期性。

**关键词** 褐飞虱; 太阳黑子; 周期; 大发生年份

**中图分类号** S 165<sup>+</sup>.28; S 431.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2011)03-0322-05

太阳黑子是在太阳的光球层上发生的一种太阳活动,太阳黑子活动具有明显的11年左右的周期性<sup>[1]</sup>。太阳黑子周期性活动不仅直接影响全球大范围的气候条件,如温度、湿度、光照强度及大气环流等<sup>[1]</sup>,而且也间接影响多种农林害虫的种群数量消长动态<sup>[2~5]</sup>。

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 是我国水稻上的一种主要害虫,也是日本、韩国、朝鲜等东亚国家以及泰国、马来西亚、菲律宾等东南亚国家水稻上的一种重要害虫,长期以来该虫给我国和亚洲其他国家水稻生产造成了巨大的经济损失。

国内外褐飞虱的发生程度受气候、食物及天敌等因素的综合影响,其中气候条件既影响褐飞虱在热带终年发生地的越冬和早春的迁出,还影响褐飞虱向东亚等地区的迁入及其迁入定居后的生长发育和繁殖。

褐飞虱在国内外的大发生是否与太阳黑子周期性活动有关?两者之间存在怎样的关系?这是值得研究的问题。为此,笔者收集了中国和亚洲有关国家褐飞虱大发生年的资料,探讨了褐飞虱大发生年与太阳黑子周期性活动的关系,旨在为褐飞虱的超长期预测预报提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 资料来源

1912—2006年东亚地区褐飞虱大发生年份的资料是根据中国、日本、韩国、朝鲜等国家的资料汇总而得;1959—2010年东南亚地区褐飞虱大发生年份的资料根据泰国、马来西亚、菲律宾、越南、柬埔寨、印度尼西亚等国家的资料汇总而得。国内褐飞虱大发生的原始资料主要来源于胡国文等<sup>[6]</sup>、程遐年等<sup>[7]</sup>和全国农业技术推广服务中心定期发布的《植物病虫情报》,此外还参考了其他一些文献报道,并主要根据发生量来判断大发生年份。国外褐飞虱大发生资料主要来源于互联网和一些文献报道,通常也是根据发生程度来判断大发生年份。1880—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/>)。

### 1.2 分析方法

1) 相关分析。将国内外褐飞虱大发生年份记为1级,非大发生年份记为0级,采用两因子简单相关分析方法,应用 Visual Basic 6.0 软件自行编制程

收稿日期: 2010-07-07

基金项目: 国家农业部公益性行业科研专项(200803003)

黄荣华, 硕士, 副研究员。研究方向: 昆虫生态及害虫预测预报。huangrhua@tom.com

通讯作者: 姚英娟, 博士, 副研究员。研究方向: 害虫生物防治。E-mail: yaoyingjuan@webmail.hzau.edu.cn

序,通过电脑计算单相关系数,再查单相关系数检验表,分析前 20 年至当年的太阳黑子相对数与当年国内外褐飞虱大发生年份级别之间的相关性。单相关系数的计算公式见文献[8]。

2)相位分析。将太阳黑子峰值年记为  $M$  年,将太阳黑子谷值年记为  $m$  年,将  $M$ 、 $m$  年之前的第  $i$  年分别记为  $M-i$ 、 $m-i$  年,将  $M$ 、 $m$  年之后的第  $i$  年分别记为  $M+i$ 、 $m+i$  年,统计分析国内外褐飞虱大发生年份在  $M\pm i$ 、 $m\pm i$  年( $i=0,1,2,3,4$ )里的分布及其处于太阳黑子活动周期的哪个阶段。

3)关键时分析。该方法实际上是正态分布均值检验法的应用。将国内外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  $\{x_t\}$ ,  $t=1,2,\cdots,N$ , 列出对褐飞虱大发生年份(级别)可能有影响的太阳黑子峰值年、太阳黑子谷值年,将它们称为关键年,分别记为  $M$ 、 $m$  年。

先计算总序列  $\{x_t\}$  的样本均值  $\mu$  和标准差  $\sigma$ ;再分别计算关键年及前后错位  $l$  年( $l=0,\pm 1,\pm 2,\cdots,\pm L$ )的共  $2L+1$  个子序列的样本均值  $\bar{x}$ ;最后计算统计量  $u$ ,并根据  $u$  值进行异常分析: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 1 年时褐飞虱可能不会大发生。当  $\alpha=0.10$  时,  $u_\alpha=1.645$ ;当  $\alpha=0.05$  时,  $u_\alpha=1.960$ 。上述各个计算的详细公式见文献[9]。

4)周期分析。统计分析太阳黑子相邻 2 个  $M$  年(或  $m$  年)相隔年份数情况,以及国内外褐飞虱相

邻 2 个大发生年相隔年份数情况和任意 2 个大发生年相隔年份数情况。

## 2 结果与分析

### 2.1 相关分析

相关分析结果(图 1)表明:当年东亚地区褐飞虱大发生年份级别与前 17 年的太阳黑子相对数之间的正相关性达到极显著水平( $r=0.321\ 4$ ,  $P<0.01$ ),与前 7 年、前 16 年及前 18 年的太阳黑子相对数之间的正相关性均达到显著水平( $r=0.213\ 7$ ,  $P<0.05$ )。当年东南亚地区褐飞虱大发生年份级别与前 17 年的太阳黑子相对数之间的正相关性达到极显著水平( $r=0.367\ 2$ ,  $P<0.01$ ),与前 18 年的太阳黑子相对数之间的正相关性达到显著水平( $r=0.279\ 2$ ,  $P<0.05$ )。这表明太阳黑子相对数大小与 17 年后的东亚地区及东南亚地区褐飞虱的大发生与否均有密切关系,即在太阳黑子峰值年后的第 17 年国内外褐飞虱大发生的可能性较大,而在太阳黑子谷值年后的第 17 年国内外褐飞虱大发生的可能性很小。

### 2.2 相位分析

由图 2 可知:在东亚地区 30 个褐飞虱大发生年中,在太阳黑子  $M+1$ 、 $M+3$ 、 $m-1$  年各发生 4 次,在  $m-3$ 、 $m+1$ 、 $m+2$  年各发生 3 次,在  $M+2$ 、 $m-2$ 、 $m$  年各发生 2 次。说明东亚地区褐飞虱大发生主要出现在太阳黑子峰值年后第 1 年、第 3 年以及谷值年前 1 年内,这 3 年褐飞虱的大发生概率达  $12/30$ ,即  $40.00\%$ 。

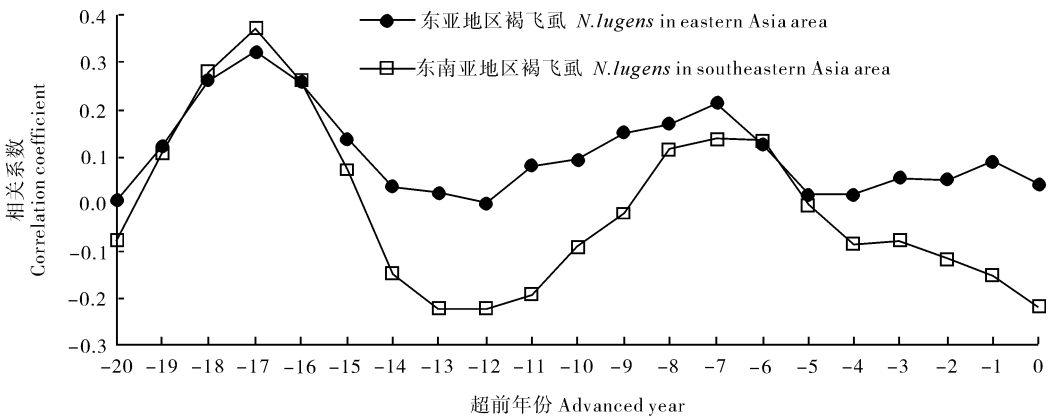


图 1 前 0~20 年的太阳黑子相对数与当年国内外褐飞虱大发生年份级别的相关性  
Fig. 1 Correlation between the relative number of sunspot 0—20 years ago and the outbreak year (grade) of *N. lugens* in the world in this year

另外,在东亚地区 30 个褐飞虱大发生年中,除 1 年处于峰值年、2 年处于谷值年、8 年处于太阳黑子活动周期的上升阶段外,其余 19 年均处于太阳黑子活动周期的下降阶段,占 63.33%(图 2),这表明东亚地区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。

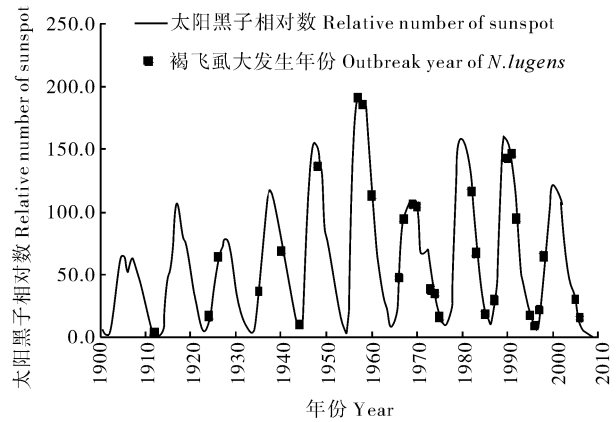


图 2 太阳黑子周期与东亚地区褐飞虱大发生年份的关系  
Fig.2 Relationship between sunspot cycle and the outbreak year of *N. lugens* in eastern Asia area

由表 1 可以看出:在东南亚地区 18 个褐飞虱大发生年中,在太阳黑子  $m-2$ 、 $m$  年各发生 3 次,在  $M+2$ 、 $m-3$ 、 $m-1$ 、 $m+2$  年各发生 2 次。说明东南亚地区褐飞虱大发生主要出现在太阳黑子谷值年以及谷值年前第 2 年内,这 2 年的大发生概率达 33.33%。此外,在 18 个褐飞虱大发生年中,有 3 年处于谷值年、4 年处于太阳黑子活动周期的上升阶段、11 年处于太阳黑子活动周期的下降阶段,处于下降阶段的大发生年份占 61.11%,这表明东南亚地区褐飞虱大发生年也主要出现在太阳黑子活动周期的下降阶段。

2.3 关键时分析

从表 2 可以看出:各太阳黑子年份的统计量  $u$  值的绝对值均低于 1.645,表明太阳黑子活动周期对东亚地区褐飞虱大发生年份的影响没有达到统计学上的显著水平( $P>0.10$ )。但从各年份的褐飞虱大发生概率来看,在  $M-2$  年大发生的概率最大,达到 55.55%,该年的  $u$  值为 1.547 4,也接近于 1.645;在  $M-1$ 、 $M$ 、 $M+4$  年不会大发生的概率最大,均达到 88.89%。

表 1 东南亚地区褐飞虱大发生年份与太阳黑子周期相位的关系

Table 1 Relationship between outbreak year of *N. lugens* in southeastern Asia area and the phase of sunspot cycle

年份 Year	相位 Phase	阶段 Stage	年份 Year	相位 Phase	阶段 Stage	年份 Year	相位 Phase	阶段 Stage
1959	$M+2$	下降 Reduction	1976	$m$	谷值年 Valley year	2005	$m-3$	下降 Reduction
1964	$m$	谷值年 Valley year	1978	$M-1$	上升 Rising	2006	$m-2$	下降 Reduction
1966	$m+2$	上升 Rising	1990	$M+1$	下降 Reduction	2007	$m-1$	下降 Reduction
1973	$m-3$	下降 Reduction	1991	$M+2$	下降 Reduction	2008	$m$	谷值年 Valley year
1974	$m-2$	下降 Reduction	1992	$M+3$	下降 Reduction	2009	$m+1$	上升 Rising
1975	$m-1$	下降 Reduction	1994	$m-2$	下降 Reduction	2010	$m+2$	上升 Rising

表 2 太阳黑子活动周期对东亚地区褐飞虱大发生年份的影响

Table 2 Effect of sunspot activity cycle on the outbreak year of *N. lugens* in eastern Asia area

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	0.830 3	-0.603 9	1.547 4	-1.321 0	-1.321 0	0.830 3	-0.603 9	0.830 3	-1.321 0	
大发生概率 Outbreak probability	4/9	2/9	5/9	1/9	1/9	4/9	2/9	4/9	1/9	

项目 Item	太阳黑子谷值年及其前后 4 年 Sunspot valleg 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	0.830 3	0.113 2	-0.603 9	0.830 3	-0.603 9	0.113 2	0.113 2	0.113 2	0.113 2	
大发生概率 Outbreak probability	4/9	3/9	2/9	4/9	2/9	3/9	3/9	3/9	3/9	

由表 3 可知:各太阳黑子年份的统计量  $u$  值的绝对值均低于 1.645,表明太阳黑子活动周期对东南亚地区褐飞虱大发生年份的影响也没有达到统计学上的显著水平( $P>0.10$ )。但是,从各年份的褐

飞虱大发生概率来看,在太阳黑子  $m-2$ 、 $m$ 、 $m+2$  年褐飞虱大发生的概率最大,均达到 60.00%;在太阳黑子  $M$ 、 $M+4$ 、 $m+3$  年褐飞虱不会大发生的概率最大,均达到 100.00%。

表 3 太阳黑子活动周期对东南亚地区褐飞虱大发生年份的影响

Table 3 Effect of sunspot activity cycle on the outbreak year of *N. lugens* in southeastern Asia area

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	0.646 8	-0.404 2	-0.404 2	-0.404 2	-1.455 2	-0.404 2	0.253 1	-0.686 9	-1.627 0
大发生概率 Outbreak probability	2/4	1/4	1/4	1/4	0/4	1/4	2/5	1/5	0/5

项目 Item	太阳黑子谷值年及其前后 4 年				Sunspot valleg 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	-0.686 9	0.253 1	1.193 1	0.253 1	1.193 1	-0.686 9	1.193 1	-1.455 2	-0.404 2
大发生概率 Outbreak probability	1/5	2/5	3/5	2/5	3/5	1/5	3/5	0/4	1/4

2.4 周期分析

从图 2 可以看出：太阳黑子活动具有很明显的周期性，1900—2009 年太阳黑子相邻 2 个 M 年相隔 11 年出现 4 次，相隔 10 年出现 3 次，相隔 9 年和 12 年各出现 1 次，平均相隔 10.56 年；相邻 2 个 m 年相隔 10 年出现 6 次，相隔 12 年出现 3 次，相隔 11 年出现 1 次，平均相隔 10.70 年。因此太阳黑子活动具有 11 年左右的周期性。这与徐振韬等<sup>[1]</sup>的研究结果一致。

从东亚地区褐飞虱相邻 2 个大发生年相隔年份数来看，相隔 1 年出现 12 次，相隔 2 年出现 4 次，相隔 3 年出现 3 次，相隔 4、7、9、12 年各出现 2 次，相隔 5、6 年各出现 1 次，因此总体上其大发生年份的周期性不明显。从东亚地区褐飞虱任意 2 个大发生年相隔年份数来看，相隔 9 年出现的频次最多，达到 14 次；其次为相隔 1、8 年，各出现 12 次；再次之为相隔 13、16、22、23 年，各出现 11 次，因此其大发生年份在局部上存在 8~9 年的周期性。就东南亚地区褐飞虱相邻 2 个大发生年相隔年份数而言，相隔 1 年出现 10 次，相隔 2 年出现 3 次，相隔 5、7、11、12 年各出现 1 次，因此总体上其大发生年份的周期性也不明显。就东南亚地区褐飞虱任意 2 个大发生年相隔年份数而言，相隔 1、2 年出现的频次均最多，各达到 10 次；其次为相隔 16 年，出现 9 次；再次之为相隔 15 年，出现 8 次，因此其大发生年份在局部上存在 1~2 年的周期性。

综上所述，太阳黑子活动的周期与国内外褐飞虱大发生年份的周期不同步，两者之间没有明显的联系，但根据褐飞虱大发生年份的局部周期性可以在一定程度上预测下一个大发生的年份。

3 讨 论

本研究结果表明：当年东亚地区、东南亚地区褐

飞虱大发生年份级别与前 17 年的太阳黑子相对数之间的正相关性均达到极显著水平。东亚地区及东南亚地区褐飞虱大发生年份均主要处于太阳黑子活动周期的下降阶段。太阳黑子活动周期对东亚地区及东南亚地区褐飞虱大发生年份的影响均没有达到统计学上的显著水平。

东亚地区褐飞虱在 M-2 年大发生的概率最大，在 M-1、M、M+4 年不会大发生的概率最大。东南亚地区褐飞虱在 m-2、m、m+2 年大发生的概率最大，在 M、M+4、m+3 年不会大发生的概率最大。太阳黑子活动具有很明显的 11 年左右的周期性。东亚地区褐飞虱大发生年份在局部上存在 8~9 年的周期性，东南亚地区褐飞虱大发生年份在局部上存在 1~2 年的周期性。

本研究结果可以为国内外褐飞虱大发生的长期预测提供参考。例如 2008 年是太阳黑子活动的谷值年，根据东南亚地区褐飞虱在 m+3 年（即谷值年后第 3 年）不会大发生的概率最大，预计 2011 年该地区褐飞虱不会大发生的可能性较大。又如 1996 年、2000 年分别是太阳黑子活动的谷值年和峰值年，1996 年的太阳黑子相对数很低（为 8.6），2000 年的太阳黑子相对数很高（为 119.6），根据太阳黑子相对数与 17 年后的东亚地区及东南亚地区褐飞虱大发生年份级别均呈极显著的正相关，预计 2013 年东亚地区及东南亚地区褐飞虱大发生的概率较小，而在 2017 年大发生的概率较大。

致谢 江西省农业科学院叶正襄研究员审阅并修改了论文，谨致谢意！

参 考 文 献

[1] 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.

[2] 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.

[3] 孔海江,陆维松,王晓丹,等. ElNino 和 LaNina 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.

[4] GALKIN G I. Outbreaks of *Dendrolimus sibiricus* and solar activity[J]. Lesnoe Khozyaistvo,1975(8):83-85.

[5] MAYERS J H. Synchrony in outbreaks of forest Lepidoptera; a possible example of the Moran effect[J]. Ecology,1998,79(3):1111-1117.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 南京农学院. 昆虫生态及预测预报[M]. 北京:农业出版社,1985:362.

[9] 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.

Relationship between sunspot cycle and outbreak years of *Nilaparvata lugens* (Stål)

HUANG Rong-hua<sup>1</sup> SHU Chang<sup>2</sup> YAO Ying-juan<sup>3</sup> DING Jian<sup>1</sup> ZHOU Jun<sup>1</sup>

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

**Abstract** On the basis of the data of the outbreak years of *Nilaparvata lugens* (Stål) in eastern Asia during 1912—2006, the outbreak years of *N. lugens* in southeastern Asia during 1959—2010, and the relative number of sunspots from 1880 to 2009, by adopting the methods of correlation analysis, phase analysis, key time analysis and cycle analysis, this paper studied the relationship between the sunspot cycle and the outbreak years of *N. lugens* in Asia. The results showed that there was a very significant positive correlation between the outbreak year (grade) of *N. lugens* in both eastern Asia and southeastern Asia and the relative number of sunspots in the 17th year before that ( $P<0.01$ ). The outbreak years of *N. lugens* in both eastern Asia and southeastern Asia appeared mostly at the declining stage of sunspot activity cycle. Sunspot activity cycle had no significant influence on the outbreak year of *N. lugens* in both eastern Asia area and southeastern Asia area ( $P>0.10$ ). The periodicity of the outbreak of *N. lugens* is 8-9 years in some parts of eastern Asia, while it is 1-2 years in parts of southeastern Asia.

**Key words** *Nilaparvata lugens* (Stål); sunspot; periodicity; outbreak year

(责任编辑:陈红叶)