



江苏沿江和江淮区褐飞虱前期迁入量与太平洋海温场的遥相关及其可能机制

洗晓青¹, 翟保平^{1,*}, 张孝羲¹, 张谷丰², 刘志林³, 施保国³

(1. 南京农业大学昆虫学系, 农业部病虫害监测与治理重点实验室, 南京 210095; 2. 江苏省南通市植保站, 江苏通州 226300; 3. 江苏省淮安市植保植检站, 江苏淮安 223001)

摘要: 为筛选出有效的长期预测因子, 对江苏通州和江苏淮安褐飞虱前期迁入量与太平洋海温场遥相关时空分布分别进行了相关分析及其稳定性检验。结果表明: 与褐飞虱前期迁入量连续稳定显著相关的海温区, 在空间上主要分布在中太平洋和南太平洋(72.4%), 在时间上主要分布在前两年和前一年(82.7%)。分别分析褐飞虱前期迁入量与当年4–8月上旬旬降水量、平均温度、当年1–8月500 hPa西太平洋副高月平均指数之间的两两相关关系, 并比较这三者与前期太平洋海温场遥相关时空分布的异同。根据对两地的个例分析表明: 前一冬春季赤道中东太平洋海温的变化引起当年6月副高面积指数的变化, 影响江苏通州当年6月下旬降水, 从而影响江苏通州褐飞虱的前期迁入量; 前两年春夏季赤道中东太平洋海温的变化引起当年5月副高北界位置的变化, 影响江苏淮安当年7月上旬降水, 从而影响江苏淮安褐飞虱的前期迁入量。在此基础上, 对褐飞虱前期迁入量与太平洋海温场遥相关的可能机制提出“海温→大气环流(副高)→气候→褐飞虱前期迁入”的一般假想模式。

关键词: 褐飞虱; 前期迁入; 海温; 遥相关; 机制

中图分类号: Q968.2 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2007)06-0578-10

Teleconnection between Pacific sea surface temperature and the early immigration of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) in the Yangtze and Yangtze-Huai River Valley of Jiangsu Province and its possible mechanism

XIAN Xiao-Qing¹, ZHAI Bao-Ping^{1,*}, ZHANG Xiao-Xi¹, ZHANG Gu-Feng², Liu Zhi-Lin³, SHI Bao-Guo³

(1. Key Laboratory of Pest Monitoring and Management of Chinese Agricultural Ministry, Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Tongzhou Station of Plant Protection, Tongzhou, Jiangsu 226300, China; 3. Huai'an Station of Plant Protection and Quarantine, Huai'an, Jiangsu 223001, China)

Abstract: To select effective long-term forecasting factors, teleconnection between the early immigration of brown planthopper (BPH) in Tongzhou and Huai'an, Jiangsu and Pacific sea surface temperature (SST) anomalies from January 2 years ago to the current June was analyzed, and their correlation stabilities were tested. The results indicated that there were different spatio-temporal distributions of significant relative SST regions in the two stations. These SST regions were mainly distributed in the Central and South Pacific (72.4%) and in one and two years earlier (82.7%). The relationship between every two of the following three factors was investigated: the early immigration of BPH, the average temperature or precipitation of every ten days from April to August and the monthly mean indices of 500 hPa Western Pacific Subtropical High. Then, teleconnection between Pacific SST anomalies and each of the above three factors, which were significantly correlated with each other, were compared. The case analysis indicated that SST over the mid-

基金项目: 国家“973”项目(TG2000016210); 国家“十五”攻关项目(2001BA50PB01)

作者简介: 洗晓青, 女, 1981年生, 江苏盱眙人, 博士生, 主要从事昆虫生态和预测预报研究, E-mail: xqxian@njau.edu.cn

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期 Received: 2007-01-15; 接受日期 Accepted: 2007-04-12

Eastern Equatorial Pacific of the previous winter and spring affected the area index of Western Pacific Subtropical High in this June, which influenced the precipitation of the last ten days of June in Tongzhou, accordingly influencing the early immigration of BPH in Tongzhou; while the SST over the mid-Eastern Equatorial Pacific of spring and summer two years ago affected the North boundary of Western Pacific Subtropical High in the current May, which influenced the precipitation of the first ten days of July in Huai'an, accordingly influencing the early immigration of BPH in Huai'an. Finally, the possible mechanism of the teleconnection between the early immigration of brown planthopper and Pacific sea surface temperature was proposed as "sea surface temperature \rightarrow atmospheric circulation \rightarrow climate \rightarrow the early immigration of brown planthopper".

Key words: Brown planthopper; early immigration; sea surface temperature; teleconnection; mechanism

褐飞虱是我国水稻上的主要害虫,具有突发性、隐蔽性和毁灭性的特点。自上世纪八十年代以来,我国褐飞虱就有 8 次大发生(如 1982、1983、1985、1987、1991、1997、2005 和 2006 年)。每年大发生的区域都不相同,其中长江中下游地区是重发区(汤金仪,1992)。造成每年大发生的原因也各不相同,迁入早、峰次多、虫量大是大发生的基础条件,而气候条件适宜是大发生的关键因素。研究表明,江淮稻区褐飞虱前期迁入量与后期田间主害代虫量间密切相关(陈钰瑛,1995;祝春强,2000)。因此,可将前期迁入量看作江淮稻区褐飞虱是否大发生的一个前提条件。

褐飞虱的迁飞动态、种群的发展及其为害都与气象因素有着密切的关系。因此,在褐飞虱预测预报中,通常以气象因子和已发生的虫情作为中短期预测因子,而决定气候变化的海温和环流因子则是主要的中长期预测因子(秦淑莲等,2003a,2003b)。海温不仅可以直接影响西太平洋副热带高压位置和强度的变化(赵汉光,1986;符淙斌和滕星林,1988),使得高空环流形势有利于虫源的迁入,而且可以影响我国的气候(陈烈庭和吴仁广,1998;励申申和寿绍文,2000),使得迁入的初始虫源在当地迅速繁殖,并且在适宜的高空气流导向下,再迁入其他稻区,从而导致褐飞虱种群的大发生(朱敏等,1997)。目前,将海温用于褐飞虱中长期预测的研究已有若干报道,如:对厄尔尼诺事件(赤道中东太平洋海温升高的现象)与褐飞虱大发生年关系的定性描述(朱敏等,1997;郑森强和梁建茵,1998;祝春强,2000;李军等,2005),认为褐飞虱大发生年与厄尔尼诺年(尤其是强厄尔尼诺年)有关,可根据前期厄尔尼诺事件的发展来定性地预测褐飞虱未来发生的状况;或是根据褐飞虱发生与前期太平洋海温、大气环流和气象因子等之间的相关关系建立预测模型,对其作出

定量预测。吴春艳等(2002)和李军等(2004)分别组建上海地区单季晚稻褐飞虱发生的长、中、短期预报模型。这些预测模型的配套组合使用,为褐飞虱的防治提供了实时依据。洗晓青等(2005)对长江流域褐飞虱前期迁入量与太平洋海温场遥相关的时空分布作了详细的分析,并应用前期显著相关的海温场对褐飞虱前期迁入量进行中长期预测,结果表明:四个褐飞虱监测点的个别预测方程可提前 5~29 个月作出预测,在预测检验的 3 年里至少有 2 年准确,经集成预报后共获得 9 个模型,模型的整体预测准确率为 85.2%。上述这些研究主要是对褐飞虱种群的大发生作出定性或定量的统计预报,但对褐飞虱与海温之间遥相关的机制尚无数值分析的研究。

为此,本文以江苏通州和江苏淮安为个例,分析褐飞虱前期迁入量与前期海温场遥相关的时空分布,研究太平洋海温、大气环流(西太平洋副热带高压)气候(降雨和温度)及褐飞虱前期迁入量之间两两相关关系,来揭示褐飞虱前期迁入量与太平洋海温场遥相关的可能机制。

1 材料与方法

1.1 数据来源

1.1.1 褐飞虱虫情资料:江苏淮安(1977-2000 年)和江苏通州(1977-2003 年)褐飞虱灯诱资料。

1.1.2 海温场数据:1854-2003 年逐年各月 2×2 格点的全球月平均海温资料,来源于美国大气与海洋管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)气候诊断中心(Climatic Diagnostics Center, CDC)海温场数据集中的 NOAA Extended Reconstructed SST 系列。

1.1.3 气象资料:1950-2003 逐日气温和降水资料,取自国家气象局气象中心《中国地面气象记录月

报) CD 版)。

1.1.4 西太平洋副高指数: 1981 - 2003 年逐年各月西太平洋副高月平均面积指数(GM)强度指数(GQ)西伸脊点(GJ)脊线位置(GX)和北界位置(GB),来源于《气象》杂志中 500 hPa 月平均环流特征量资料。

1.2 分析方法

1.2.1 褐飞虱前期迁入量: 将从灯下始见日开始至 7 月底或 8 月初的褐飞虱灯下累计虫量看作前期迁入量。由于年度间迁入量的数量差异较大(可达几个数量级),所以对其进行自然对数处理($\ln Y$)。

1.2.2 海温场数据: 对月平均 SST 进行距平处理,即与多年平均值的差值(SSTA)。为了描述相关海温区的范围,将太平洋按纬度划分为三个部分,分别是北太平洋(North Pacific, $> 30^\circ N$)、中太平洋(Central Pacific, $30^\circ N - 20^\circ S$)和南太平洋(South Pacific, $< 20^\circ S$)。

1.2.3 连续显著相关区的筛选: 分别计算各站点的 $\ln Y$ 与从前两年 1 月开始至当年 6 月各月、太平洋各格点 SSTA 之间的相关系数。将相关系数在地理信息系统(ArcGIS)中显示,标志出显著相关的海温场时空分布。为了避免大量相关分析中的偶然性,剔除单个显著相关($P < 0.05$)的格点,定义大于或等于 5 个连续显著相关的格点为显著相关区

(Maelzer and Zalucki 2000)。同一显著相关区至少要连续稳定 3 个月,才定义为连续显著相关区(秦淑莲等 2003a, 2003b)。

1.2.4 相关系数的稳定性检验: 由于相关系数是一个不平稳的时间序列,常随时间而变化,所以对显著的相关系数进行稳定性分析,具体方法参考朱盛明(1982)。

2 结果与分析

2.1 褐飞虱前期迁入量与太平洋海温场遥相关的时空分布

分析两个站点褐飞虱前期迁入量与太平洋海温场遥相关的时空分布(表 1 和表 2)发现:江苏通州共有 7 个相关海温区 11 个相关时段,其中北太平洋 2 个相关区 2 个相关时段,中太平洋 2 个相关区 4 个相关时段,南太平洋 3 个相关区 5 个相关时段;江苏淮安共有 11 个相关海温区 24 个相关时段,其中北太平洋 3 个相关区 5 个相关时段,中太平洋 4 个相关区 9 个相关时段,南太平洋 4 个相关区 10 个相关时段。由此可见,这两个站点相关海温区的空间分布均以中太平洋和南太平洋为主,分别占 71.4% 和 72.7%;在时间分布上均以前两年和前一年为主,分别占 82.1% 和 83.4%,而当年的比例都较少。

表 1 江苏通州褐飞虱前期迁入量与太平洋海温场遥相关的时空分布

Table 1 The spatio-temporal distribution of the teleconnection between the monthly mean Pacific SSTA and the early immigration of BPH in Tongzhou, Jiangsu Province

相关区号 Zone no.	相关区范围 Correlative region	相关时段 Correlative periods	相关性质 Relativity	R_{\max}
北太平洋 North Pacific	1 35° - 50°N, 175°E - 135°W	DEC ₂ - MAY ₁	+	0.536
2 40° - 55°N, 165° - 125°W	SEP ₁ - APR	+	0.546	
中太平洋 Central Pacific	3 10° - 30°N, 110°E - 160°W	OCT ₂ - JUN ₁ , SEP ₁ - JUN	-	-0.687
4 10°N - 10°S, 160°E - 100°W	JAN ₂ - JUN ₁	-	-0.566	
		JUL ₁ - JUN	+	0.591
南太平洋 South Pacific	5 20° - 45°S, 170° - 90°W	JUN ₁ - OCT ₁ , DEC ₁ - MAR	-	-0.609
6 50° - 75°S, 145°E - 160°W	JAN ₂ - JAN ₁ , APR ₁ - NOV ₁	+	0.584	
7 45° - 65°S, 130° - 90°W	MAY ₂ - MAY ₁	-	-0.645	

注:表中相关时段的英文缩写表示相关区所在的月份,下标数字表示超前的年份,如果没有数字则表示当年。例如,DEC₂表示前两年 12 月。 R_{\max} 表示在某一显著相关区内,各月所有显著相关格点海温距平平均值与褐飞虱迁入量之间相关系数的最大值。下表同。

Notes: The capitals represent months, and the subscripts behind them mean the number of years earlier, which is vacant when it means this year. For example, DEC₂ means December of 2 years earlier. R_{\max} represents the maximum correlation coefficient of different months in the same correlative SST region. The same for the following tables.

2.2 褐飞虱前期迁入量与气候因子、西太平洋副高指数的相关关系

分别计算两地点的褐飞虱前期迁入量与当年 4 月至 8 月上旬各旬平均温度、旬降水量以及 500 hPa 西太平洋副高月平均指数的相关系数。由表 3

可以看出:(1)与褐飞虱前期迁入量达到显著相关的气候因子较少,江苏通州褐飞虱前期迁入量与 4 月中旬温度、6 月下旬降水呈显著负相关,江苏淮安褐飞虱前期迁入量仅与 7 月上旬降水量呈显著正相关;(2)褐飞虱前期迁入量与春夏季的副高各指数

相关十分密切(但脊线位置除外),主要集中在 5-7 月,与冬季(1-2 月)的副高各指数间没有达到显著相关。这两个站点的褐飞虱前期迁入量均与 5 月副高西伸脊点位置呈显著负相关,与 6 月副高面积指

数、7 月副高强度指数呈显著正相关。另外,由于这两个站点分别位于沿江区和江淮区,两个站点的前期迁入量与各气候因子或副高各指数间显著相关的具体指标或时段是不完全相同的。

表 2 江苏淮安褐飞虱前期迁入量与太平洋海温场遥相关的时空分布

Table 2 The spatio-temporal distribution of the teleconnection between the monthly mean Pacific SSTA and the early immigration of BPH in Huai'an, Jiangsu Province

相关区号 Zone no.	相关区范围 Correlative region	相关时段 Correlative periods	相关性质 Relativity	R_{max}
北太平洋 North Pacific	1 40° - 60°N, 140°E - 175°W	JAN ₂ - APR ₂	-	-0.582
	2 25° - 50°N, 160° - 125°W	DEC ₂ - MAY ₁ , JAN - MAY	+	0.591
	3 20° - 45°N, 125° - 175°E	APR ₂ - JUN ₂ , JUL ₁ - OCT ₁	-	-0.649
中太平洋 Central Pacific	4 10° - 35°N, 110°E - 160°W	MAR ₂ - MAY ₂ , OCT ₂ - JUN ₁ , SEP ₁ - JUN	-	-0.605
	5 15°N - 15°S, 165° - 120°W	MAY ₂ - SEP ₂	-	-0.578
		JUL ₁ - DEC ₁	+	0.498
	6 20°N - 20°S, 150° - 80°W	MAY ₂ - MAY ₁ , JAN - MAY	-	-0.557
	7 0° - 20°S, 160°E - 150°W	JAN ₂ - MAY ₂ , JAN ₁ - MAR ₁	-	-0.619
南太平洋 South Pacific	8 40° - 65°S, 120° - 70°W	APR ₂ - SEP ₂ , NOV ₂ - MAR ₁	-	-0.588
	9 45° - 75°S, 115°E - 145°W	JAN ₂ - MAR ₂ , OCT ₂ - JAN ₁ , MAR ₁ - DEC ₁ , FEB - JUN	+	0.631
	10 5° - 40°S, 150°E - 175°W	JUL ₂ - SEP ₂ , JUL ₁ - NOV ₁	-	-0.580
	11 15° - 45°S, 180° - 105°W	OCT ₂ - DEC ₂ , AUG ₁ - DEC ₁	-	-0.576

表 3 与褐飞虱前期迁入量显著相关的气候因子和西太平洋副高指数

Table 3 Climatic factors and Western Pacific Subtropical High indices significantly correlated with the early immigration of BPH

相关因子 Correlated factors	显著相关的因子和时间 Significantly correlated factors and time		
	江苏通州 Tongzhou, Jiangsu	江苏淮安 Huai'an, Jiangsu	
	气候因子 Climatic factors	旬降水量 Precipitation of every ten days	- P63
	旬平均温 Average temperature of every ten days	- T42	
西太平洋副高 Western Pacific Subtropical High	面积指数 Area index	GM6	GM5, GM6, GM7
	强度指数 Intensity index	GQ7	GQ6, GQ7
	西伸脊点位置 The position of the west ridge point	- GJ5, - GJ7	- GJ5
	脊线位置 The position of the ridge axis		
	北界位置 The position of the north boundary	GB4	GB3, GB5

注：P：降水；T：温度；GM：副高面积指数；GQ：副高强度指数；GJ：副高西伸脊点位置；GX：副高脊线位置；GB：副高北界位置；字母后的第一数字表示月份，第二个数字表示旬数；“-”表示负相关；空格表示没有显著相关的因子。下同。

Notes：P means the precipitation；T means the temperature；GM, GQ, GJ, GX and GB mean the area index, the intensity index, the position of the west ridge point, the position of the ridge axis and the position of the north boundary of Western Pacific Subtropical High, respectively；the first number following the capitals represents the month and the second represents the sequence number of every ten days in a month；“-” represents the negative correlation；blank represents not significantly correlated. The same below.

2.3 与褐飞虱前期迁入量显著相关的气候因子和显著相关的副高指数之间的相关分析

进一步对与褐飞虱前期迁入量显著相关的气候因子和显著相关的副高指数进行相关分析。结果表明：江苏通州 6 月下旬降水与 6 月副高面积指数显

著负相关(图 1)，江苏淮安 7 月上旬降水与 5 月副高北界位置显著正相关(图 2)。因此，西太平洋副高强度和位置的变化不仅可以直接影响褐飞虱的迁飞，而且也可以通过影响地面的气候因子(如降水)来影响褐飞虱的前期迁入。

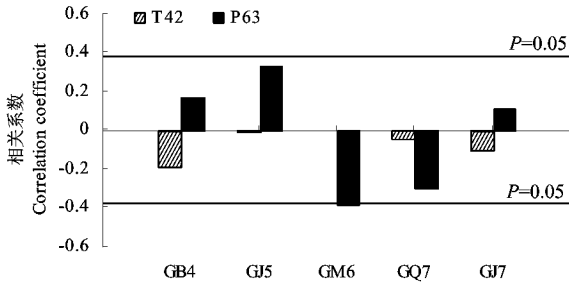


图 1 与江苏通州褐飞虱前期迁入量显著相关的气候因子和显著相关的各副高指数的相关关系

Fig. 1 The relationship between Western Pacific Subtropical High indices significantly correlated with the early immigration of BPH and climatic factors significantly correlated with the early immigration of BPH in Tongzhou
T42 表示江苏通州 4 月中旬温度；
P63 表示江苏通州 6 月下旬降水。
T42 means the average temperature of the second ten days of April in Tongzhou ; P63 means the precipitation of the last 10 days of June in Tongzhou.

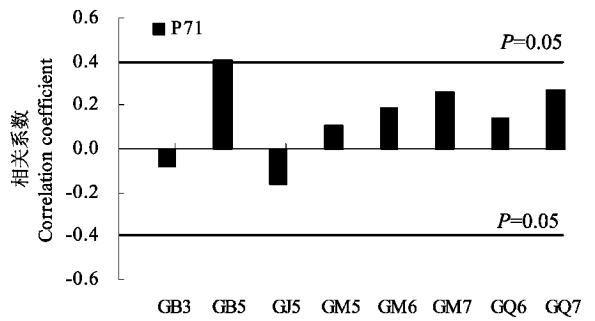


图 2 与江苏淮安褐飞虱前期迁入量显著相关的气候因子和显著相关的各副高指数的相关关系

Fig. 2 The relationship between Western Pacific Subtropical High indices significantly correlated with the early immigration of BPH and climatic factors significantly correlated with the early immigration of BPH in Huai 'an
P71 表示江苏淮安 7 月上旬降水。
P71 means the precipitation of the first ten days of July in Huai 'an.

2.4 褐飞虱前期迁入量、显著相关的西太平洋副高指数、气候因子与前期太平洋海温场遥相关的时空分布的比较

分别计算 6 月副高面积指数 (GM6)、江苏通州 6 月下旬降水 (P63)、5 月副高北界位置 (GB5)、江苏淮安 7 月上旬降水 (P71) 与太平洋海温场遥相关的时空分布, 并与两地褐飞虱前期迁入量与太平洋海温场遥相关的时空分布进行比较。结果表明, 每一站点的褐飞虱前期迁入量、副高指数和气候因素与赤

道中东太平洋海温间存在一定的时空一致相关区, 但不同地点的具体相关时段或性质不同(表 4)。其中, 6 月副高面积指数、江苏通州 6 月下旬降水和江苏通州褐飞虱前期迁入量同时在当年 1-4 月的赤道中东太平洋有显著相关区(图 3); 5 月副高北界位置、江苏淮安 7 月上旬降水和江苏淮安褐飞虱前期迁入量分别与前两年 5-6 月的赤道中东太平洋呈显著负相关(图 4)。

表 4 褐飞虱前期迁入量显著相关的副高指数、气候因子与赤道中东太平洋海温场遥相关时空分布比较

Table 4 Comparison of the teleconnection between SSTA over mid-eastern Equatorial Pacific and the early immigration of BPH, Western Pacific Subtropical High indices and climatic factors significantly correlated with the early immigration of BPH

地点 Station	显著遥相关的指标 Indices significantly correlated with the early immigration of BPH		
江苏通州 Tongzhou, Jiangsu	褐飞虱前期迁入量 The early immigration of BPH	GM6	P63
	相关时段 Correlative periods	JUL ₁ - JUN	JAN - APR
	相关性性质 Relativity	+	-
江苏淮安 Huai 'an, Jiangsu	褐飞虱前期迁入量 The early immigration of BPH	GB5	P71
	相关时段 Correlative periods	MAY ₂ - SEP ₂	JAN ₂ - AUG ₂
	相关性性质 Relativity	-	-

注: GM6: 6 月西太平洋副高面积指数; GB5: 5 月西太平洋副高北界位置; P63: 6 月下旬降水量; P71: 7 月上旬降水量。

Notes: GM6 means the area index of Western Pacific Subtropical High in June; GB5 means the position of the north boundary of Western Pacific Subtropical High in May; P63 means the precipitation of the last ten days in June; P71 means the precipitation of the first ten days in July.

由褐飞虱前期迁入量、西太平洋副高指数和气候因子之间两两相关分析结果可以得出: 6 月副高面积指数、6 月下旬降水和江苏通州褐飞虱前期迁入量之间两两存在显著相关关系, 5 月副高北界位置、7 月上旬降水和江苏淮安褐飞虱前期迁入量之

间两两存在显著相关关系。分别比较两站点的三个显著相关的指标与前期遥相关海温场显著遥相关区的时空分布发现: 6 月副高面积指数、江苏通州 6 月下旬降水和江苏通州褐飞虱前期迁入量同时在当年 1-4 月的赤道中东太平洋有显著相关区; 5 月副高

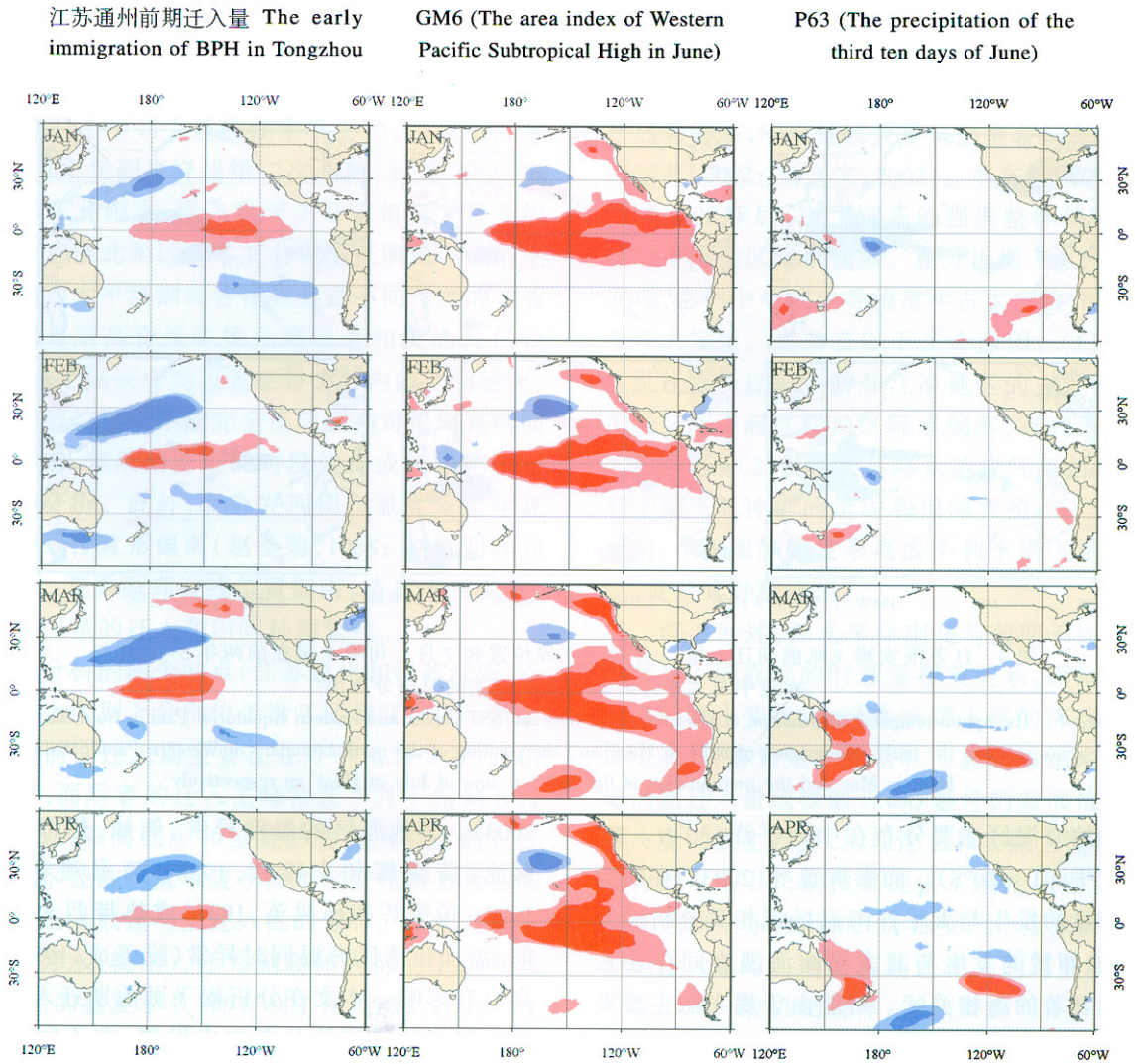


图 3 江苏通州褐飞虱前期迁入量、6月副高面积指数和6月下旬降水量在当年1-4月与赤道中东太平洋海温显著遥相关的时空分布图

Fig. 3 The spatio-temporal distribution of teleconnection between SSTA over mid-eastern Equatorial Pacific from January to April and the early immigration of BPH in Tongzhou, the area index of Western Pacific Subtropical High in June and the precipitation of the third ten days of June in Tongzhou respectively
蓝色表示显著负相关区；红色表示显著正相关区。图 4 同。

The blue area represents the significantly negative correlative SST region;
the red area represents the significantly positive correlative SST region. The same for Fig. 4.

北界位置、江苏淮安7月上旬降水和江苏淮安褐飞虱前期迁入量同时在前两年5-6月赤道中东太平洋有显著相关区。由于海温、西太平洋副高、气候和褐飞虱前期迁入四者之间两两存在显著的相关关系,而且具有不同程度的时滞性,时空分布一致的前期相关海温区有可能通过影响西太平洋副高、气候从而影响褐飞虱的前期迁入。根据上述分析,我们认为褐飞虱前期迁入与太平洋海温场遥相关的可能机制是:前一冬春季赤道中东太平洋海温的变化引起当年6月副高面积指数的变化,影响江苏通州当年6月下旬降水,从而影响江苏通州的褐飞虱前期

迁入量;前两年春夏季赤道中东太平洋海温的变化引起当年5月副高北界位置的变化,影响江苏淮安当年7月上旬降水,从而影响江苏淮安的褐飞虱前期迁入量。从而可以归纳为“太平洋海温→西太平洋副高→气候(降水)→褐飞虱前期迁入”的褐飞虱前期迁入量与太平洋海温场遥相关的假想模式。

3 讨论

褐飞虱前期迁入量与前期太平洋海温场相关分析结果表明,与褐飞虱前期迁入量达到连续稳定显

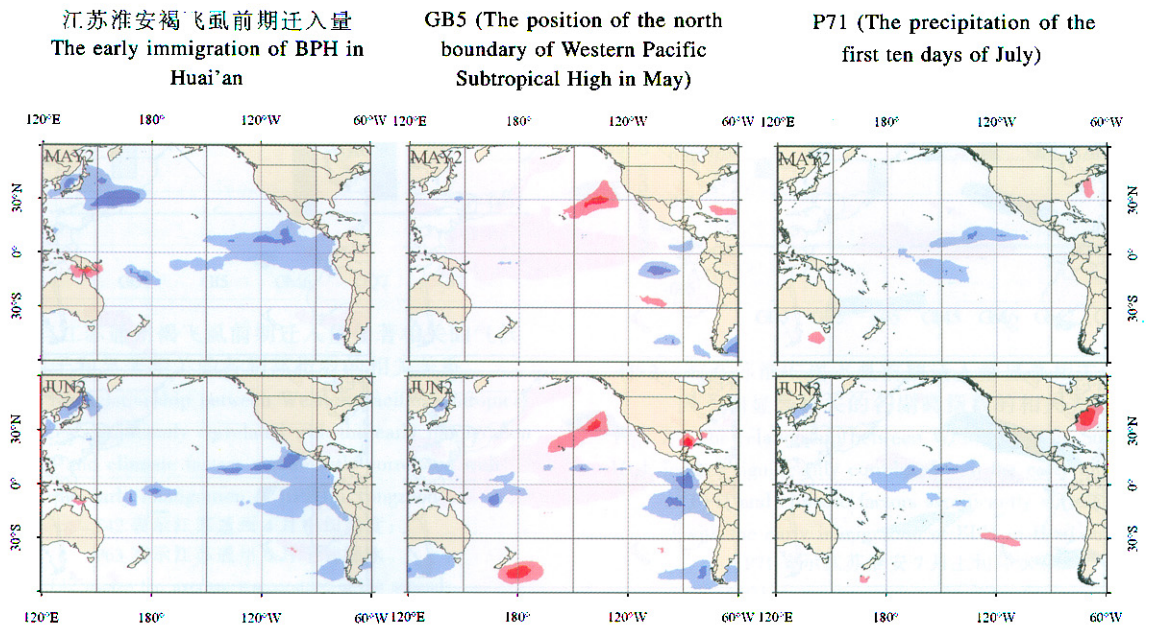


图4 江苏淮安褐飞虱前期迁入量、5月副高北界位置和7月上旬降水量在前两年5-6月与赤道中东太平洋海温显著遥相关的时空分布图

Fig. 4 The spatio-temporal distribution of teleconnection between SSTA over mid-eastern Equatorial Pacific from May to June 2 years ago and the early immigration of BPH in Huai'an, the position of the north boundary of Western Pacific Subtropical High in May and the precipitation of the first ten days of July in Huai'an respectively

著遥相关的海温区主要分布在中太平洋(30°N - 20°S)和南太平洋(<20°S)。而秦淑莲等(2003a)在研究棉铃虫卵量的发生与太平洋海温场遥相关分析时发现,棉铃虫卵量的发生与北太平洋海温之间存在大面积连续显著的遥相关区。可能由于褐飞虱主要发生在我国的南方和东部地区,而棉铃虫则主要发生在我国的北方和西部地区,影响我国东南部和西北区气候的关键海温区也不相同。此外,褐飞虱前期迁入与棉铃虫卵量的发生不同,它不仅与地面的气象因子有关,与高空环流形势也密切相关。

根据本文相关分析的结果,对褐飞虱前期迁入量与海温场遥相关的机制可以提出以下概念模式:海温→西太平洋副高→气候→褐飞虱前期迁入。即赤道中东太平洋海温变化引起西太平洋副热带高压强度和位置的改变,副高的改变影响不同褐飞虱迁入地的气象条件(尤其是降水),从而影响褐飞虱的前期迁入量。

海温是影响副高的重要物理因素,通常将其用作长期预报因子。赤道东太平洋(陈烈庭,1977,1982;李崇银和胡季,1987;符淙斌和滕星林,1988;李崇银,1992)、西风漂流区(赵汉光,1986;艾悦秀和陈兴芳,2000)和黑潮区(赵汉光,1986)等三大洋区的海温异常是影响副高活动异常的关键区,其中赤道东太平洋海温的前期影响最为明显(蔡学湛等,

2003)。其他海区的温度异常,例如,热带西太平洋暖池(黄荣辉和李维京,1988;蒲书箴和于惠冬,1993;黄荣辉和孙凤英,1994)或热带西太平洋与南海、孟加拉湾区海温同时异常(段美成,1996)等对副高也有影响。本文在分析褐飞虱前期迁入量和太平洋海温场的遥相关分布中也发现,在不同的海区都存在稳定连续显著相关场。海温与西太平洋副高之间的遥相关关系具有一定的时滞性,主要是由于大气对海洋热响应的滞后效应。研究表明,赤道东太平洋海温与副高之间存在约半年左右的时滞相关(臧恒范和王绍武,1984;符淙斌和滕星林,1988;陈锦年,1990;叶英和董波,1995)。这也是应用前期海温对褐飞虱前期迁入量进行长期预测的理论依据,而且海温与褐飞虱前期迁入量之间遥相关的时滞效应可达一年以上。可能由于西太平洋副高与褐飞虱前期迁入量之间也存在一定的时滞相关。

西太平洋副高是影响我国天气气候的最主要环流系统之一,其位置和强度直接影响雨带的位置和雨季的雨量。褐飞虱在我国东半部每年五次“北迁”的过程与我国东部雨带向北推进的过程几乎同步。西太平洋副高与褐飞虱迁入密切相关。常年4月中旬至6月上旬副高脊线位置在20°N以南,雨带主要位于华南地区,褐飞虱于4月中旬至5月上旬主迁两广南部,5月中旬到6月上旬主迁两广南部和南

岭地区;6月中旬副高脊线第一次北跳,越过 20°N ,至7月中旬一直维持在 $20^{\circ}-25^{\circ}\text{N}$,雨带位于长江中下游地区,褐飞虱于6月中旬至7月初主迁南岭以北稻区,7月上中旬主迁长江中下游地区,波及江淮稻区;7月下旬副高脊线第二次北跳,到达 30°N ,形成华北和东北雨季,褐飞虱于7月下旬至8月下旬主迁江淮和淮北稻区。本文分析也证明褐飞虱前期迁入量与西太平洋副高各指数存在不同程度的显著相关。但与副高脊线位置达到显著相关的月份较少,可能由于副高脊线位置在各个月内的变动较大,月平均脊线位置尚不能完全反应副高对褐飞虱前期迁入的影响,宜采用更短的时段如旬或侯平均脊线位置来做分析。此外,研究发现褐飞虱大发生年夏季副高脊线位置常偏南(赵圣菊,1988;刘富明和刘牛,1994)。夏季副高脊线位置偏南,造成雨带偏南,有利于褐飞虱的迁入和田间种群繁殖。

本文分析的两个站点(江苏通州和江苏淮安)在褐飞虱发生区划上分别位于沿江区和江淮区。前者的褐飞虱前期迁入期主要在6月中旬到7月,正值梅雨季节,而后的迁入主峰常在7月下旬到8月上旬。所以,副高强度和位置的变化所引起的长江中下游地区及淮河流域夏季降水的变化将直接影响褐飞虱的迁入数量与主迁入区的分布。不论是副高西北侧的降水(梅雨),还是副高体内部的下沉气流(梅雨过后的盛夏季节)都有利于褐飞虱的迁入。在本文研究的遥相关机制中,显著相关的两个副高指标分别是5月副高北界位置和6月副高面积指数,气候指标分别是江苏淮安7月上旬降水和江苏通州6月下旬降水。由此可见,副高主要通过影响降水来影响褐飞虱的前期迁入。5月副高脊线平均位置常年位于 15°N 附近,雨带主要位于我国南岭地区,而南岭地区正好是长江中下游与江淮地区的迁入虫源地。5月副高指数有可能通过影响虫源地的发生数量而影响褐飞虱迁入地以后的前期迁入。而7月上旬则正处于褐飞虱前期迁入期,丰富的降水有利于褐飞虱的迁入。6月副高面积指数直接反映夏季副高的强度,与长江中下游地区夏季降水密切相关。至于江苏通州6月下旬降雨量与褐飞虱前期迁入量之间呈显著负相关。可能由于,江苏通州位于沿海沿江交界处,受局地环流海陆风抬升气流的影响,对梅雨期间锋面降水引起的下沉气流有抵消作用,尤其在6月下旬太阳辐射达到一年中的最大值时,影响最为明显。

此外,受全球海温结构变化的影响,西太平洋副

高自身也具有年代际变化的特点。自20世纪80年代以来,副高强度明显偏强,范围向西向南显著扩展,造成我国夏季雨带偏南,长江中下游地区夏季降水显著增加,华南地区夏季气温显著偏高(龚道溢和何学兆,2002;杨义文,2002)。本文所用的气象资料均在1980年后,由于副高的强度整体偏强,导致长江中下游地区降水偏多。在分析褐飞虱发生情况时发现,常以中等或中等偏重年占大多数,部分年份甚至特大发生。主要有以下三个原因:(1)夏季是褐飞虱迁入长江中下游和江淮地区的主迁入期,副高偏强偏南引起这些地区降水偏多,有利于褐飞虱的大量降落;(2)夏季大量降水造成气温相对偏低,有利于褐飞虱种群的定居和田间繁殖;(3)夏季副高偏南,华南地区的夏季高温不利于褐飞虱种群的繁殖,促使其种群迁出。

综上所述,西太平洋副高与前期不同区域的海温存在不同程度的时滞遥相关关系,而副高的变动又引起降水变化,从而影响褐飞虱的降落和迁入后的定居、种群繁殖。所以利用前期海温来预报褐飞虱前期迁入量或根据 ENSO 事件的发展情况来判断褐飞虱的发生趋势,从理论上和实践上都是可行的。这为褐飞虱中长期预报提供了理论依据。此外,本文仅选取江苏通州和江苏淮安两个点来研究褐飞虱前期迁入量与前期海温场遥相关的可能机制,虽然可看出其一般机制规律,但如要探明不同地区的具体机制规律,还需要在全国各发生区内进行更多的分析和验证。

参 考 文 献 (References)

- Ai YX, Chen XF, 2000. Analysis of the correlation between the subtropical high over Western Pacific in summer and SST. *Journal of Tropical Meteorology*, 16(1): 1-8. [艾悦秀,陈兴芳,2000.夏季副高与海温的相互关系及副高预测.热带气象学报,16(1):1-8]
- Cai XZ, Wen ZZ, Wu B, 2003. Relationship between west Pacific subtropical high and ENSO and its influence on rainfall distribution of rainy season in Fujian. *Journal of Tropical Meteorology*, 19(1): 36-42. [蔡学湛,温珍治,吴滨,2003.西太平洋副高与 ENSO 的关系及其对福建雨季降水分布的影响.热带气象学报,19(1):36-42]
- Chen JN, 1990. A preliminary study on the influence of El Nino and southern oscillation on the subtropical high. *Tropic Oceanology*, 9(2): 71-77. [陈锦年,1990. El Nino 与南方涛动及其对副热带高压的影响.热带海洋,9(2):71-77]
- Chen LT, 1977. Effect of sea surface temperature anomalies on the tropical circulation and rainfall in China flood season. *Scientia Atmospherica Sinica*, 1(1): 7-12. [陈烈庭,1977.东太平洋赤道地区海水温度异常对热带大气环流及我国汛期降水的影响.大气科学,1

- (1):7-12]
- Chen LT, 1982. Interaction between the subtropical high over the North Pacific and the sea surface temperature of the Eastern Equatorial Pacific. *Scientia Atmospherica Sinica*, 6(2): 148-156.[陈烈庭, 1982. 北太平洋副热带高压与赤道东部海温的相互作用. 大气科学, 6(2): 148-156]
- Chen LT, Wu RG, 1998. The joint effects of SST anomalies over different Pacific regions on summer rainbelt patterns in Eastern China. *Scientia Atmospherica Sinica*, 22(5): 718-726.[陈烈庭, 吴仁广, 1998. 太平洋各区海温异常对中国东部夏季雨带类型的共同影响. 大气科学, 22(5): 718-726]
- Chen YY, 1995. Effect of the summer weather on the early immigration of rice planthopper in Jiangsu Province. *Plant Protection Technology and Extension*, 4: 3-4.[陈钰瑛, 1995. 江苏省夏季天气对稻飞虱初次迁入的影响. 植保技术与推广, 4: 3-4]
- Duan MC, 1996. Numerical simulation on the influence of sea surface temperature anomalies to the seasonal advance and retreat process of the North Hemisphere Pacific Subtropical High. *Marine Forecasts*, 13(2): 35-42.[段美成, 1996. 海温异常对季内西太平洋副热带高压异常进退的数值模拟. 海洋预报, 13(2): 35-42]
- Fu CB, Teng XL, 1988. The relationship between El Nino/Southern Oscillation and summer climate anomalies in China. *Scientia Atmospherica Sinica*, 12(Special Publ.): 133-141.[符淙斌, 滕星林, 1988. 我国夏季的气候异常与厄尔尼诺/南方涛动现象之关系. 大气科学, 12(特刊): 133-141]
- Gong DY, He XZ, 2002. Interdecadal change in Western Pacific Subtropical High and climatic effects. *Acta Geographica Sinica*, 57(2): 185-193.[龚道溢, 何学兆, 2002. 西太平洋副热带高压的年代际变化及其气候影响. 地理学报, 57(2): 185-193]
- Huang RH, Li WJ, 1988. Effect of the thermal anomalies over western Tropical Pacific on the Subtropical High over East Asia in summer and its physical mechanism. *Scientia Atmospherica Sinica*, 12(Special Publ.): 107-116.[黄荣辉, 李维京, 1988. 夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其物理机制. 大气科学, 12(特刊): 107-116]
- Huang RH, Sun FY, 1994. Impacts of the thermal state and the convective activities in the Tropical Western Warm Pool on the summer climate anomalies in East Asia. *Scientia Atmospherica Sinica*, 18(2): 141-151.[黄荣辉, 孙凤英, 1994. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季异常的影响. 大气科学, 18(2): 141-151]
- Li CY, 1992. An analytical study on the precipitation in the flood period over Huabei Area. *Acta Meteorologica Sinica*, 50(1): 41-49.[李崇银, 1992. 华北汛期降水的一个分析研究. 气象学报, 50(1): 41-49]
- Li CY, Hu J, 1987. A study on interaction between the East-Asia atmospheric circulation and El Nino. *Scientia Atmospherica Sinica*, 11(4): 359-363.[李崇银, 胡季, 1987. 东亚大气环流与厄尔尼诺相互影响的一个分析研究. 大气科学, 11(4): 359-363]
- Li J, Jiang YP, Yang QZ, Wang ZX, 2004. Objective prediction models for damage caused by brown planthoppers to late planted rice. *Entomological Knowledge*, 40(1): 24-29.[李军, 蒋耀培, 杨秋珍, 王志雄, 2004. 单季晚稻褐飞虱发生程度综合客观预报模型. 昆虫知识, 40(1): 24-29]
- Li J, Jiang YP, Yang QZ, Wang ZX, 2005. Climatic diagnosis of brown planthopper occurrence degree in single late rice. *Chinese Journal of Ecology*, 24(3): 339-342.[李军, 蒋耀培, 杨秋珍, 王志雄, 2005. 单季晚稻褐飞虱发生程度的气候诊断. 生态学杂志, 24(3): 339-342]
- Li SS, Shou SW, 2000. Equatorial Eastern Pacific SST and analysis on causes of summer floods/droughts in the Changjiang and Huaihe River basin. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 11(3): 331-338.[励申申, 寿绍文, 2000. 赤道东太平洋海温与我国江淮流域夏季旱涝的成因分析. 应用气象学报, 11(3): 331-338]
- Liu FM, Liu N, 1994. The characters of climate and tropical and subtropical circumfluence anomalies in rice planthopper outbreak years. *Sichuan Meteorology*, 49(3): 13-17.[刘富明, 刘牛, 1994. 我国稻飞虱大发生年的气候特点及热带副热带环流异常特征. 四川气象, 49(3): 13-17]
- Maelzer DA, Zalucki MP, 2000. Long range forecasts of the numbers of *Helicoverpa punctigera* and *H. armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia using the Southern Oscillation Index and the Sea Surface Temperature. *Bulletin of Entomological Research*, 90: 133-146.
- Pu SJ, Yu HL, 1993. The thermal structure in the upper western tropical Pacific and ocean currents anomalies and its effect on the Subtropical High. *Acta Oceanologica Sinica*, 15(1): 31-43.[蒲书箴, 于惠苓, 1993. 热带西太平洋上层热结构和海流异常及其对副高的影响. 海洋学报, 15(1): 31-43]
- Qin SL, Zhai BP, Zhang XX, Qu XF, Jiang YY, 2003a. Teleconnection between sea surface temperature in North Pacific and outbreaks of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) in Northern and Eastern China: an approach for long-term forecast. *Acta Entomologica Sinica*, 46(4): 479-488.[秦淑莲, 翟保平, 张孝羲, 屈西峰, 姜玉英, 2003a. 棉铃虫发生与北太平洋海温的遥相关及其长期灾变预警. 昆虫学报, 46(4): 479-488]
- Qin SL, Zhai BP, Zhang XX, Zhao ZG, Jiang YY, Qu XF, 2003b. Using advance ENSO indices to forecast outbreaks of *Helicoverpa armigera*. *Acta Ecologica Sinica*, 23(9): 1695-1711.[秦淑莲, 翟保平, 张孝羲, 赵振国, 姜玉英, 屈西峰, 2003b. 应用前期 ENSO 指标做棉铃虫的大发生预测. 生态学报, 23(9): 1695-1711]
- Tang JY, 1992. Rice planthopper outbreaks in 1991 and study on its reason. *Plant Pest Forecasts*, 12(2): 16-20.[汤金仪, 1992. 1991 年稻飞虱大发生及其原因浅析. 病虫测报, 12(2): 16-20]
- Wu CY, Li J, Yao KM, 2002. Predication of the damage level of plant hopper in Shanghai. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, 25(3): 366-372.[吴春艳, 李军, 姚克敏, 2002. 上海地区褐飞虱发生程度预测. 南京气象学院学报, 25(3): 366-371]
- Xian XQ, Zhai BP, Zhang XX, 2005. Teleconnection between Pacific sea surface temperature and the early immigration of BPH in the Yangtze River Valley-implication for its long-term forecasting. In: The Entomological Society of China ed. Abstracts of the Papers in ESC Academic Year of 2005. Fuzhou. 43.[洗晓青, 翟保平, 张孝羲, 2005. 我国长江流域褐飞虱的迁入量与前期太平洋海温场的遥相关及其预测. 见: 中国昆虫学会 主编. 中国昆虫学会 2005 年

学术年会论文摘要集. 福州. 43]

- Yang YW, 2002. Relationship between summer drought/flood pattern in China and Meiyu of mid-lower reaches of Changjiang River. *Meteorological Monthly*, 28(11): 11 - 16. [杨义文, 2002. 长江中下游梅雨与中国夏季旱涝分布. *气象*, 28(11): 11 - 16]
- Ye Y, Dong B, 1995. The influence of Arctic sea ice and eastern Equatorial Pacific SST on west Pacific subtropical high. *Marine Forecasts*, 12(2): 22 - 31. [叶英, 董波, 1995. 北极海冰和赤道东太平洋海温对西太平洋副热带高压的影响. *海洋预报*, 12(2): 22 - 31]
- Zang HF, Wang SW, 1984. Effect of sea surface temperature over East Equatorial Pacific on the low-latitude general circulation. *Acta Oceanologica Sinica*, 6(1): 16 - 24. [臧恒范, 王绍武, 1984. 赤道东太平洋水温对低纬度大气环流的影响. *海洋学报*, 6(1): 16 - 24]
- Zhao HG, 1986. The spatio-temporal characters of the relationship between sea surface temperature and Western Pacific Subtropical High and its forecast. *Meteorological Monthly*, 12(7): 21 - 23. [赵汉光, 1986. 副高与海温相互作用的时空特征分析及预报. *气象*, 12(7): 21 - 23]
- Zhao SJ, 1988. Analysis of rice planthopper outbreak of China in 1987 from the climatic factors. *Plant Protection*, 14(2): 2 - 5. [赵圣菊, 1988. 从气象因素分析 1987 年稻飞虱大发生的原因. *植物保护*, 14(2): 2 - 5]
- Zheng SQ, Liang JY, 1998. Analysis on the impact of El Nino on outbreak of rice planthopper in Guangdong Province. *Plant Protection Technology and Extension*, 18(6): 3 - 4. [郑森强, 梁建茵, 1998. 厄尔尼诺事件对广东省稻飞虱大发生的影响. *植保技术与推广*, 18(6): 3 - 4]
- Zhu CQ, 2000. The forecast of rice planthopper occurrence in Jianghuai rice region and the countermeasure of chemical control. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 28(2): 175 - 176. [祝春强, 2000. 江淮稻区稻飞虱灾变预测与减灾对策. *安徽农业科学*, 28(2): 175 - 176]
- Zhu M, Hu GW, Tang J, Ma XY, Tang QY, 1997. Effect of globe climate abnormality(ENSO phenomena occurrence) on outbreak of rice brown planthopper in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 30(5): 1 - 5. [朱敏, 胡国文, 唐健, 马辛宇, 唐启义, 1997. 全球气候异常(ENSO 事件的发生)对我国褐飞虱大发生的影响. *中国农业科学*, 30(5): 1 - 5]
- Zhu SM, 1982. The analysis of correlation coefficient stability and its application. *Acta Meteorologica Sinica*, 40(4): 497 - 501. [朱盛明, 1982. 相关系数稳定性分析及其应用. *气象学报*, 40(4): 497 - 501]

(责任编辑:袁德成)