

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

孔海江¹ 陆维松² 王晓丹¹ 吕国强³ 王蕊¹

1 河南省气象台, 郑州 450003

2 南京信息工程大学江苏省气象灾害和环境变化重点实验室, 南京 210044

3 河南省植物保护植物检疫站, 郑州 450002

摘要 用研究灾变规律的关键时方法分析了 El Niño、La Niña 事件和太阳活动对河南省东亚飞蝗 (*Locusta migratoria manilensis* Meyen) 的影响。结果发现, El Niño 和 La Niña 事件不会促使河南省沿黄地区东亚飞蝗的大发生, 并得出 El Niño 和 La Niña 事件对飞蝗大发生的影响主要通过影响其发生地的天气、气候 (主要是降水), 从而影响飞蝗的大发生。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%。

关键词 东亚飞蝗 灾害 El Niño La Niña 太阳黑子

文章编号 1006-9585 (2005) 01-0086-06 **中图分类号** P461 **文献标识码** A

Effect of El Niño, La Niña and Solar Activities on Outbreaks of the Oriental Migratory Locust in Henan Province

KONG Hai-Jiang¹, LU Wei-Song², WANG Xiao-Dan¹, LÜ Guo-Qiang³, and WANG Rui¹

1 *Meteorological Observatory of Henan Province, Zhengzhou 450003*

2 *Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044*

3 *Plant Protection and Plant Quarantine Station of Henan Province, Zhengzhou 450002*

Abstract By use of the method to study the laws of catastrophe—the Key Time Method, this paper deals with the influence of sunspot, El Niño and La Niña episodes on outbreak of the Oriental Migratory Locust (*Locusta migratoria manilensis* Meyen). Results showed that El Niño and La Niña episodes cannot engender the outbreak of the pest. These episodes can create the weather and climate changes in the habitat of the Migratory Locust, and the weather and climate changes play effects on outbreaks of the grasshopper. However, there would be a plague of the nuisance in the year after the higher relative sunspot numbers. It was statistically significant at the 90% Confidence level.

Key words Oriental Migratory Locust, plague, El Niño, La Niña, sunspot

1 引言

全球气候异常并导致世界性自然灾害频发的

现象已愈来愈引起人们的关注, 特别是由于 EN-SO 事件以及 La Niña 事件的发生直接引起全球性气候异常, 进而引发其他自然灾害。有关 El Niño 对远离其源地生物的影响已有一定的研究^[1~11]。

收稿日期 2003-11-03 收到, 2005-01-25 收到修定稿

资助项目 河南省气象局开放实验室项目 Z200401

作者简介 孔海江, 男, 1970 年出生, 硕士, 高级工程师, 主要从事数值预报研究。E-mail: hjkong415@yahoo.com.cn

Richard 和 Chavez^[1]研究了 El Niño 事件对海温异常发生地生物的影响。赵圣菊等^[2]研究了 El Niño 与小麦赤霉病大流行关系。朱敏等^[3]报道了全球气候异常 (ENSO 事件的发生) 对我国褐飞虱大发生的影响。霍治国等^[4]研究了气候异常与中国小麦白粉病灾害流行的关系。张知彬等^[5]提出生物灾害可能与 ENSO 有关的观点, 并提出生物灾害成因的 ENSO 假说。Zhang 等^[6]报道中国的东亚飞蝗 (*Locusta migratoria manilensis* Meyen) 的大发生与 El Niño 有关。张知彬^[7]指出, 欧洲的旅鼠和田鼠与 ENSO 事件密切相关。Sillett 等^[8]发现一种迁徙型的鸣禽 (Songbird) 的种群数量变动与 ENSO 事件有关。Kiesecker 等^[9]指出两栖类动物种群数量的减少与 ENSO 事件有关。Gagnon 等^[10]研究了 ENSO 和南美疟疾发病的关系, 发现可以利用 El Niño 的预报, 采取有利措施控制疟疾的大范围流行。Lima 等人^[11]研究了气候对智利 3 种哺乳动物种群数量波动的影响, 发现种群数量变化与由 ENSO 造成的当地降水异常紧密相关。徐祥德等^[12]系统分析了大气环流特征及其异常与主要作物病虫害发生流行的关系, 发现海温异常对大气运动的影响有一定的滞后, 特别是赤道东太平洋的海温异常, 可以造成未来大范围甚至全球的天气、气候变化。因此可以推测海温异常将通过天气、气候的变化影响到未来病虫害的发生、发展和流行。

关于太阳黑子对昆虫大发生的作用, 有学者在不同地区进行观测和研究, 证明太阳黑子出现周期与昆虫大发生有一定的关系。Uichanco^[13]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。张秉伦等^[14]研究发现宋元时期的山东蝗灾发生基本上呈现 11 年周期变化, 并且得到在太阳活动极大年之后 1 年蝗灾发生率大的结论。黄荣华等^[15]用太阳黑子和自相关因子对棉铃虫的发生趋势作了超长期预测, 取得较好效果。张俊香和延军平^[16]的研究也证明太阳黑子活动与农业病虫害的发生或流行密切相关。也有学者提出相反的观点, 马世骏^[17, 18]研究认为太阳活动与东亚飞蝗大发生的关系不密切。

本文运用灾变规律的关键时方法^[19]对 El Niño、La Niña 事件和太阳黑子活动是否为河南省东亚飞蝗蝗灾发生的致灾因子作分析。

2 研究方法和资料

2.1 研究方法

本文采用项静恬等^[19]提出的研究灾变规律的关键时方法。

2.2 东亚飞蝗资料

1950~1995 年河南省东亚飞蝗 (以下简称飞蝗) 资料取自文献 [20]^①。1996~2000 年的资料由河南省植物保护植物检疫站提供。为了在进行定量分析时方便, 根据蝗虫发生程度进行编码, 将蝗虫发生等级分为轻度、中度偏轻、中度、中度偏重、重度, 分别编码为 1、2、3、4、5。本文讲有蝗虫大发生是指发生等级在中度偏重和重度 (编码 4 和 5)。

2.3 El Niño、La Niña 资料和太阳黑子资料

1950~1997 年间 El Niño、La Niña 事件的判定依照王绍武、龚道溢^[21]和龚道溢、王绍武^[22]的研究结果, 1950~1997 年的 El Niño 为: 1953, 1957, 1958, 1963, 1965, 1968, 1969, 1972, 1976, 1982, 1983, 1986, 1987, 1991, 1992, 1993, 1994, 1997 年; La Niña 年为: 1954, 1955, 1956, 1964, 1970, 1971, 1973, 1974, 1975, 1988, 1989, 1996 年。

文中所用 1950~2000 年的太阳黑子资料从中国气象局国家气候中心获得。其中 1950~1976 年的太阳黑子资料是瑞士苏黎世天文台发布的太阳黑子相对数月平均观测值, 1977~2000 年的太阳黑子资料是中国科学院紫金山天文台发布的太阳黑子相对数月平均观测值。

3 结果与分析

3.1 El Niño 和 La Niña 事件对飞蝗发生程度的影响

全球气候异常同病虫害发生是近几年来人们关注的问题^[1~12]。以 El Niño 和 La Niña 事件年

^① 书中 1950~1982 年为河南省全省东亚飞蝗蝗虫发生资料; 由于多年治理改造, 河南省的蝗区主要剩下黄河河泛区, 1983~1995 年的蝗虫资料为黄河河泛区蝗虫资料; 1950~1952 年的资料只有夏蝗的发生资料。

为关键年来研究其对飞蝗发生程度的影响。

用关键时方法计算出相应的统计量 u 如表 1, 表中若 $|u| > 1.64$ (或 1.96) 时, 显著性水平达 0.1 (或 0.05), 就可认为在关键年, 可能有蝗灾 (发生程度为 4 或 5) 发生。 $u > 0$ 说明蝗灾发生等级高于平均值 μ , $u < 0$ 说明蝗灾发生等级低于平均值 μ (下同)。在 El Niño 年 (关键年) 的前两年, 飞蝗秋蝗的发生程度明显低于平均发生程度 (显著性水平达 0.1, 可认为秋蝗不会大发生, 即发生等级低于 4 级)。而 El Niño 年 (关键年) 及其错位 l 年对于飞蝗夏蝗的发生程度和飞蝗夏、秋蝗的发生面积无明显影响。

用同样原理分析表 2, 在 La Niña 年 (关键年) 之前第 3 年, 飞蝗夏、秋蝗的发生程度明显低于平均发生程度 (即显著性水平达 0.1, 可以认为在 La Niña 年之前第 3 年飞蝗不会大发生, 发生等级低于 4 级); 在 La Niña 年 (关键年) 后的第 5 年, 飞蝗夏蝗的发生程度明显低于平均发生程度 (即显著性水平达 0.05, 可以认为在 La Niña 年之后第 5 年飞蝗不会大发生)。

综上所述, El Niño、La Niña 事件不会促使河南省沿黄地区飞蝗的大发生, 只是在关键年之

前第 3 年及关键年之后第 5 年, 飞蝗不会大发生的可能性为 90%。与 Zhang 和 Li^[6] 的研究结果比较, 其研究了 1905~1959 年的 El Niño 事件对黄淮平原蝗区的东亚飞蝗的影响, 发现 (表 3 所示) 蝗虫大发生在 El Niño 年后 1~2 年 (显著性水平为 $P=0.061$)。林学椿等^[23] 研究了 El Niño 与我国降水的关系发现, El Niño 与反 El Niño 东部型峰期过后汛期 (6~8 月) 降水距平百分比在黄淮平原蝗区是负距平, 并且显著性水平达 5%; 而河南省沿黄蝗区一部分降水距平百分比为正距平, 另一部分为小的负距平。El Niño 与反 El Niño 中部型峰期过后汛期 (6~8 月) 黄淮平原蝗区降水距平百分比是负距平, 而河南省沿黄蝗区降水距平百分比为正距平。屠其璞^[24] 的研究也得出相似的结果, El Niño 年次年 5~8 月标准化降水距平分布图上, 河南省沿黄蝗区降水距平百分比为正距平, 黄淮平原蝗区是负距平。降水相对偏少 (干旱) 有利于飞蝗的大发生^[25]。另外, 李清泉和丁一汇^[26] 的研究得到这样的结论, ENSO 事件不是唯一决定中国夏季天气气候的强信号, 还有别的因子影响中国的天气、气候; 东亚, 尤其是南海, 夏季风的活动是关键气候信号之一。总之,

表 1 El Niño 事件与飞蝗发生程度的关系 (u 统计量)

Table 1 The relation between El Niño events and the scale of outbreaks of locusts (u statistic variable)

		-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
I	夏蝗 Summer Locust	-0.199	0.398	-0.199	-1.345	-0.766	-0.187	-0.187	1.293	-0.828
	秋蝗 Autumn Locust	0.426	-0.341	-0.085	-0.336	-0.088	-0.088	0.408	0.937	-0.610
II	夏蝗 Summer Locust	-0.157	-0.207	-0.509	-0.092	-0.018	0.015	0.119	0.249	0.250
	秋蝗 Autumn Locust	-0.138	-0.541	-0.097	-0.644	1.339	0.476	-0.302	-0.698	-0.958

注: I 表示飞蝗的发生程度, II 表示飞蝗的发生面积。第一行中的数字, 0 表示关键年; 1 表示关键年后 1 年; -1 表示关键年前 1 年; 其他类推。

Note that: I indicates the scale of outbreaks of locusts; II represents the area of outbreaks of locusts. The number in first row, 0 indicates the key year; 1 indicates the year after the key year; -1 represents the year before the key year; The rest may be inferred.

表 2 La Niña 事件与飞蝗发生程度的的关系 (u 统计量)

Table 2 The relation between La Niña events and the scale of outbreaks of locusts (u statistic variable)

		-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
I	夏蝗 Summer Locust	-1.809*	-1.357	-0.603	-0.603	-1.502	0.421	-0.241	-1.235	0.421
	秋蝗 Autumn Locust	-1.684*	-0.687	-0.959	-1.254	-0.353	0.207	-0.927	-1.211	0.774
II	夏蝗 Summer Locust	-0.914	-1.512	-1.407	-1.504	-1.145	-0.203	0.278	0.502	-2.013**
	秋蝗 Autumn Locust	-1.532	-1.400	-1.627	-0.872	-1.358	-0.506	-0.035	0.478	0.614

注: * 表示显著性水平 $\alpha < 0.1$, ** 表示显著性水平 $\alpha < 0.05$ 。其余表注同表 1。

Note that: * significant, $\alpha < 0.1$; ** significant, $\alpha < 0.05$. The other illustration is the same as Table 1.

表 3 东亚飞蝗爆发与 El Niño 事件相关性的 2×2 列联表 (用 Fisher 精确检验)^[6]

Table 3 The 2×2 contingency table used to analyze the correlation between locust (*Locusta migratoria*) outbreaks and El Niño episodes using Fisher's exact probability

	El Niño	Non-El Niño	合计 Total
爆发 Outbreak	10	4	14
非爆发 Non-outbreak	16	25	41
合计 Total	26	29	55

注: 表中数据显示 El Niño 或 Non-El Niño 后 1~2 年飞蝗爆发或不爆发的频次 (P-value is 0.06)。

Data indicate the frequency of outbreaks or non-outbreaks of the locust experiencing El Niño or Non-El Niño episodes 1 or 2 years before (P-value is 0.06).

El Niño、La Niña 事件对飞蝗大发生的影响与飞蝗发生地的天气气候是否受 El Niño、La Niña 事件的显著影响有很大关系, El Niño、La Niña 事件引起蝗区的天气、气候变化, 天气、气候变化影响蝗虫种群数量的变化。

因此, El Niño、La Niña 事件对飞蝗大发生的影响是具有地域性的, 并受 El Niño、La Niña 事件对飞蝗发生地的天气气候的影响制约。

3.2 太阳黑子对飞蝗发生程度的影响

取太阳黑子相对数为研究对象, 用关键时方法对飞蝗大发生的程度进行灾异性分析。分别取年平均太阳黑子相对数大于 130.9 (超过 1953~2000 年共 48 年平均值的 70%) 和小于 23.1 (低于 1953~2000 年共 48 年平均值的 70%) 的年份为太阳活动高年和低年, 并将这些年份记为关键年。1953~2000 年太阳黑子相对数高年有 11 年为: 1956, 1957, 1958, 1959, 1979, 1980, 1981, 1982, 1989, 1990, 1991 年; 太阳黑子相对数低年有 11 年为: 1953, 1954, 1964, 1965,

1975, 1976, 1985, 1986, 1995, 1996, 1997 年。

依同样原理分析表 4, 飞蝗夏蝗和秋蝗的发生等级在太阳黑子相对数高的关键年之后第 1 年都显著偏高 (显著性水平达 0.1, 可以认为有蝗灾发生)。这和张秉伦等^[14]得出的结论一致, 即在太阳活动高峰年后 1 年蝗灾发生率最高。而在太阳黑子相对数低的关键年之前第 2、3 年和关键年之后第 4、5 年, 飞蝗夏蝗发生等级显著偏低 (显著性水平达 0.05, 可以认为没有蝗灾发生); 在太阳黑子相对数低的关键年之前第 3 年和关键年之后第 4、5 年, 飞蝗秋蝗发生等级显著偏低 (显著性水平达 0.05, 可以认为在太阳黑子相对数低的关键年之前第 3 年和关键年之后第 4、5 年没有蝗灾发生)。

太阳活动规律或太阳黑子变动所引起对生物的影响, 目前还没有完全搞清楚。马世骏^[17]认为, 大气物理学初步证明, 太阳紫外线加强后引起空气离子化, 并增加气体量, 更高的气体离子化导致空气导电性提高, 有可能影响到动物的新陈代谢作用; 同时, 也可能由于所发生的空气动力学的作用引起地球上蝗虫发生地的水、热及食物营养性质的改变, 或则由于宇宙射线或磁场的变动, 直接影响到动物生理机能。在另一方面, 随着太阳活动的增加, 海洋与陆地的温度差异, 导致季风强度的变动, 因而影响到季风所带来的雨量变化。一般来说, 太阳是一切生物的热量来源, 所以在太阳辐射节奏性变化的影响下, 地球上的生物生态总体必然发生有节奏的变化, 结果影响到地球上自然界一切生命发育特性的速度。屠其璞^[24]研究发现, 与太阳活动周期变化相对

表 4 太阳活动关键年与飞蝗发生程度的的关系 (u 统计量)

Table 4 The relation between solar activities events and the scale of outbreaks of locusts (u statistic variable)

	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
I 夏蝗 Summer Locust	-0.997	-0.277	-0.082	1.522	1.882*	1.162	0.442	1.162	1.522
秋蝗 Autumn Locust	-0.379	0.238	-0.071	1.162	1.779*	1.162	1.162	1.470	1.470
II 夏蝗 Summer Locust	-3.157**	-2.077**	-0.637	0.442	0.082	-0.637	-1.357	-2.077**	-2.437**
秋蝗 Autumn Locust	-2.228**	-1.612	-0.995	0.546	0.238	-0.071	-0.995	-2.228**	-2.845**

注: I 表示太阳黑子数高年, II 表示太阳黑子数低年。其余表注同表 1、2。

Note that: I indicates the year of the higher relative sunspot numbers, II represents the year of the lower relative sunspot numbers. The other illustration is the same as Table 1 and Table 2.

应,我国各地气温也呈明显的 22 年准周期变化特征;虽然太阳活动对降水量多少并无明显影响,但是在太阳活动 11 年周期的极大值年及其前 2 年,大范围降水量明显异常出现的机会较多,降水变率大,在太阳活动减弱期,强烈的大范围降水距平异常出现机会较少,降水变率小。这种大范围降水量明显异常的天气、气候条件正好适合蝗虫的大发生,河南省自古就有“先涝后旱,蚂蚱成片”的说法。

我们不能只从一个地区生物的种群数量变化与太阳黑子变动有关,就得出太阳黑子变动影响这种生物的种群数量,还要考虑整个大环境中这种生物数量变化与太阳黑子变动的关系,因为,这种影响不可能仅限于一个局部地区。

4 结语

(1) El Niño 和 La Niña 事件不会促使河南省沿黄地区飞蝗的大发生,El Niño 和 La Niña 事件对飞蝗的影响是由于 El Niño 和 La Niña 事件对飞蝗发生地的天气、气候(主要是降水)产生影响,天气、气候再对飞蝗的大发生产生影响,因而具有地域性。

(2) 在太阳黑子相对数高年(关键年)之后第 1 年,飞蝗的发生程度显著高于平均值(显著性水平达 0.1,可认为在这一年有蝗灾发生)。在太阳黑子相对数低年(关键年)之前第 3 年和之后第 4、5 年,飞蝗的发生程度显著低于平均值。

参考文献

- [1] Barber R T, Chavez F P. Biological consequences of El Niño. *Science*, 1983, **222**: 1203~1210
- [2] 赵圣菊,姚彩文.厄尔尼诺与小麦赤霉病大流行关系的研究.灾害学,1988,3(3):21~28
Zhao Shengjü, Yao Caiwen. Relationship between El Niño and the prevalence of the Wheat head blight (*Gibberella saubinetii* (mont.) Sacc). *Journal of Catastrophology* (in Chinese), 1988, **3** (3): 21~28
- [3] 朱敏,胡国文,唐键,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.中国农业科学,1997,30(5):1~5
Zhu Min, Hu Guowen, Tang Jan, et al. Effect of global climate abnormality (ENSO phenomena occurrence) on outbreak of rice brown planthopper in China. *Scientia Agricultura Sinica* (in Chinese), 1997, **30** (5): 1~5
- [4] 霍治国,叶彩玲,钱拴,等.气候异常与中国小麦白粉病灾害流行关系的研究.自然灾害学报,2002,11(2):85~95
Huo Zhiguo, Ye Cailing, Qian Shuan, et al. Relationship between climate anomaly and prevailing of the wheat powdery mildew in China. *Journal of Natural Disasters* (in Chinese), 2002, **11** (2): 85~95
- [5] 张知彬,王祖望. ENSO 现象与生物灾害.中国科学院院刊,1998,13(1):34~38
Zhang Zhibin, Wang Zhuwang. ENSO and biological disaster. *Bulletine of the Chinese Academy of Sciences* (in Chinese), 1998, **13** (1): 34~38
- [6] Zhang Zhibin, Li Dianmo. A possible relationship between outbreaks of the oriental migratory locust (*Locusta migratoria manilensis* Meyen) in China and the El Niño episodes. *Ecological Research*, 1999, **14**: 267~270
- [7] 张知彬. 欧洲的旅鼠和田鼠种群暴发与厄尔尼诺-南方涛动的关系研究. 科学通报, 2001, **46** (3): 197~204
Zhang Zhibin. Relationship between outbreaks of *Lemmus spp* and *Microtus spp* in Europe and ENSO. *Chinese Science Bulletin* (in Chinese), 2001, **46** (3): 197~204
- [8] Sillett T S, Holmes R T, Sherry T W. Impacts of a global climate cycle on population dynamics of migratory songbird. *Science*, 2000, **288**: 2040~2042
- [9] Kiesecker J M, Blaustein A R, Belden L K. Complex cause of amphibian population declines. *Nature*, 2001, **410**: 681~683
- [10] Gagnon A S, Smoyer-Tomic K E, Bush A B G. The El Niño Southern Oscillation and malaria epidemics in South America. *Int. J. Biometeorol.*, 2002, **46**: 81~89
- [11] Lima M, Stenseth N C, Jaksic F M. Food web structure and climate effects on the dynamics of small mammals and owls in semi-arid Chile. *Ecol. Lett.* 2002, **5** (2): 273~284
- [12] 徐祥德,王馥棠,萧永生. 农业气象防灾调控工程与技术系统. 北京:气象出版社,255~286
Xu Xiangde, Wang Futang, Xiao Yongsheng. *An engineering and technical system aiming to guard against agricultural meteorology disasters* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 255~286
- [13] Uichanco L B. Secular trends of locust outbreaks, in the Philippine and their apparent relation with sunspot cycle. *Phil. Agric.*, 1936, **26**: 237~256
- [14] 张秉伦,孙关龙,高建国,等. 中国古代自然灾害群发期. 合肥:安徽教育出版社,2002,208~214
Zhang Binglun, Sun Guanlong, Gao Jianguo, et al. *Cluster outbreaks of The Period Natural disasters in antiquity in China* (in Chinese). Hefei: Anhui Education

- Press, 2002, 208~214
- [15] 黄荣华, 叶正襄, 汤建国. 用太阳黑子和自相关因子超长期预测棉铃虫的发生趋势. 植物保护, 1997, **23** (5): 7~10
Huang Ronghua, Ye Zhengxiang, Tang Jianguo. Ultra long-term prediction of the occurrence trend of *Helicoverpa armigera* by sunspot and autocorrelated factors. *Plant protection* (in Chinese), 1997, **23** (5): 7~10
- [16] 张俊香, 延军平. 陕西省农作物病虫害与气候变化的关系分析. 灾害学, 2001, **16** (2): 27~30
Zhang Junxiang, Yan Junping. The analysis on relation of crop diseases and insect pests with climate change in shaanxi province. *Journal of Catastrophology* (in Chinese), 2001, **16** (2): 27~30
- [17] 马世骏. 昆虫动态与气象. 北京: 科学出版社, 1965, 104~106
Ma Shih-chun. *Insect dynamics and meteorology* (in Chinese). Beijing: Science Press, 1965, 104~106
- [18] 马世骏. 东亚飞蝗在中国的发生动态. 昆虫学报, 1958, **8** (1): 1~40
Ma Shih-chun. The Population Dynamics of the Oriental Migratory Locust (*Locusta Migratoria Manilensis* Meyen) in China. *Acta Entomologica Sinica* (in Chinese), 1958, **8** (1): 1~40
- [19] 项静恬, 史久恩. 非线性系统中数据处理的统计方法. 北京: 科学出版社, 2000, 1~43
Xiang Jingtian, Shi Jiuen. *Statistical methods of data processing in nonlinear systems* (in Chinese). Beijing: Science Press, 2000, 1~43
- [20] 朱恩林. 中国东亚飞蝗发生与治理. 北京: 中国农业出版社, 1999, 1~3
Zhu Enlin. *Occurrence and management of the Oriental Migratory Locust in China* (in Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 1999, 1~3
- [21] 王绍武, 龚道溢. 近百年来的 ENSO 事件及其强度. 气象, 1999, **25** (1): 9~13
Wang Shaowu, Gong Daoyi. ENSO events and their intensity during the past century. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 1999, **25** (1): 9~13
- [22] 龚道溢, 王绍武. 近百年 ENSO 对全球陆地及中国降水的影响. 科学通报, 1999, **44** (3): 315~320
Gong Daoyi, Wang Shaowu. Influence of ENSO on the precipitation of the global land and China during the past century. *Chinese Science Bulletin* (in Chinese), 1999, **44** (3): 315~320
- [23] 林学椿, 于淑秋. 厄尔尼诺与我国汛期降水. 气象学报, 1993, **51** (4): 434~441
Lin Xuechun, Yu Shuhua. El Niño and rainfall during the flood season (June-August) in China. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 1993, **51** (4): 434~441
- [24] 屠其璞. 温室效应、太阳活动、南方涛动对我国气候变化的影响. 自然灾害学报, 1992, **1** (2): 47~58
Tu Qipu. On the effects of greenhouse effect, solar activities and southern oscillation on the climate change in china. *Journal of Natural Disasters* (in Chinese), 1992, **1** (2): 47~58
- [25] 孔海江, 陆维松, 吕国强, 等. 干旱、前期温度偏高对河南省东亚飞蝗发生的影响. 南京气象学院学报, 2003, **26** (4): 516~524
Kong Haijiang, Lu Weisong, Lü Guoqiang, et al. Effect of drought and higher temperature on the outbreaks of the Oriental Migratory Locust in He'nan province. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology* (in Chinese), 2003, **26** (4): 516~524
- [26] 李清泉, 丁一汇. 1991~1995 El Niño 年事件的特征及其对中国异常天气气候影响. 气候与环境研究, 1997, **2** (2): 163~177
Li Qingquan, Ding Yihui. The basic features of the El Niño events during 1991-1995 and their anomalous influences on the weather and climate in China. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 1997, **2** (2): 163~177