

# ENSO 事件对淮河流域降水的影响

信忠保, 谢志仁

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210097)

**摘要:** 研究表明, ENSO 事件和淮河流域降水异常之间有明显的相关性。功率谱分析显示 ENSO 的冷事件和暖事件有三个共同的明显周期, 即 18 个月、26 个月和 47 个月; 淮河流域降水异常的周期成分复杂, 但同样存在明显的 26 个月周期。对 ENSO 事件年份淮河流域降水异常的年内分布规律的分析结果表明: EL Nino 年份的春季和冬季降水明显增多, 而在 LA Nina 年份降水普遍减少, 尤其以 7 月减少最为显著; 在 SO 指数偏高年份, 淮河流域降水明显减少, 尤其是 9、10、11 三个月, 减少量都在 30% 以上; 而在 SO 指数偏低年份, 春季和冬季降水明显增多。时间序列的滞后分析发现淮河流域降水异常对 ENSO 事件有 3 个月左右的响应滞后时间, 对 EL Nino 响应的滞后时间大约 4~5 个月。

**关键词:** ENSO 事件; 淮河流域; 降水; 功率谱; 滞后分析

**中图分类号:** P731 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003 - 0239 (2005)02 - 0038 - 09

## 1 引言

淮河流域属暖温带半湿润季风气候, 流域多年平均降雨量为 888mm。由于淮河上游汇水面积大, 中下游地势低洼, 强降水引发的洪涝灾害一直是影响流域经济发展的重大问题。

ENSO 是当今国际研究全球气候变化的一个热点和难点, 研究它的发生发展机理和在全球不同区域表现还一直在探讨中, 很多学者在这个领域做了大量工作。在 ENSO 事件发生机制方面, 研究发现太阳活动和地球自转等机制与 ENSO 事件发生发展有一定的作用<sup>[1-3]</sup>, 东亚季风的异常和 ENSO 的发生发展关系密切<sup>[4]</sup>, 而人类活动造成的 CO<sub>2</sub> 等温室气体的排放对 ENSO 的周期也有一定的影响<sup>[5]</sup>。很多学者做了 ENSO 和全球陆地年降水量关系方面的研究<sup>[6-8]</sup>, Ropelewski 等<sup>[6]</sup> 研究了 ENSO 对全球和区域尺度的降水模式影响, 国内用 ENSO 对我国降水影响也做了许多研究工作<sup>[8-10]</sup>, 例如, 陈烈庭<sup>[11]</sup> 从机理上提出了赤道东太平洋海温是通过赤道地区的平均纬圈环流和 105~130° E 的平均经圈环流这一重要环节影响江淮流域汛期降水的, 陈菊英等<sup>[12-13]</sup> 则对 ENSO 与我国汛期降水关系进行了研究。而杨庆萍等<sup>[14]</sup> 对洪泽湖枯水年和 ENSO 事件之间的关系进行了深入探讨。

本文试图在前人研究的基础上, 寻找淮河流域降水变化与 ENSO 事件之间的可能联

系,以便加深对全球变化区域相应的认识,并为淮河流域降水的科学预报提供一些有用的信息。

## 2 资料选取和研究方法

### 2.1 资料

降水资料选取淮河水系 20 个站点和沂沭泗水系 7 个站点 1981 年 1 月~2000 年 8 月的月降水量数据。

ENSO 事件用 EN 指数和 SO 指数表征:前者采用最为常用的代表赤道太平洋区海温异常变化的 Nino3 海区监测的平均海面温度距平指数海区的范围是  $5^{\circ}\text{N}\sim 5^{\circ}\text{S}$ ,  $150^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{W}$ ; 后者采用通常所用的南方涛动指数。这两个指数时间序列长度与降水序列保持一致,即从 1981 年 1 月~2001 年 8 月,共 236 个月份。数据取自 NOAA 网站(www.noaa.gov)。

### 2.2 资料预处理

首先求出淮河流域这 27 个站点在统计时段内(236 个月)的各月份平均降水量,用以代表整个淮河流域的降水情况。其中,全流域平均降水在年内分布情况(见表 1)。

表 1 淮河流域降水在年内分布表

月份	1	2	3	4	5	6
降水量 (mm)	20.6	24.3	45.5	39.7	75.8	115.5
月份	7	8	9	10	11	12
降水量 (mm)	194.5	145.2	76.8	54.2	37.1	13.5

其次引入月降水距平百分率来表征降水的异常情况。月降水距平百分率是统计时段内的月降水距平与该月份平均降水量比值的百分数,本文称它为降水距平百分率。

### 2.3 研究方法

本文用功率谱分析法求出了 ENSO 事件和淮河流域降水异常的周期性;相关性系数法来求 ENSO 和淮河流域之间的相关性。此外还用了列表作图法来分析了 ENSO 事件年内淮河流域降水异常的分布情况。最后,用相关性系数滞后分析法求出了淮河流域降水异常对 ENSO 事件响应的滞后时间。

## 3 相关性分析

### 3.1 事件判别

采用通用的赤道东太平洋 Nino3 区海温距平指数作为海温冷暖事件的判别依据,如

果连续 3 个月该区海温正距平在 0.5 以上, 判为暖事件 (EL Nino); 反之, 若连续 3 个月海温负距平在 0.5 以上, 则判为冷事件 (LA Nina)。我们对南方涛动异常也做了类似的定义。由此判定研究时段内的冷、暖事件如表 2 所示。

表 2 1981 年 1 月-2000 年 8 月冷暖事件统计表

次数	性质	起止月份	历时 (月)
1	暖	1982.5~1983.9	17
2	冷	1984.10~1986.2	17
3	暖	1986.9~1988.1	17
4	冷	1988.4~1989.4	13
5	暖	1991.5~1992.6	14
6	暖	1993.3~1993.6	4
7	暖	1994.10~1995.2	5
8	冷	1995.8~1999.6.4	9
9	暖	1997.5~1998.5	13
0	冷	1998.10~2000.2	17

### 3.2 ENSO 事件和淮河流域降水距平百分率的相关性分析

在整个时间序列里并不是所有的月份温度都异常到 EL Nino 和 La Nina 事件发生, 因此, 如果我们用整个时间序列的温度距平指数和降水距平百分率求相关性, 那样就会因为大量的正常月份的数据将其相关性隐藏掉。为此, 为了更好的表现海温距平和淮河流域降水的关系, 我们首先将 EL Nino 和 LA Nina 两个事件发生月份数据提取出来, 合并成海温异常月份指数时间序列数据, 再与淮河流域同步月份的降水距平百分率求相关性。

结果表明在赤道东太平洋海温距平和南方涛动指数与淮河流域的降水距平百分率的相关性性质相反, 前者是正相关, 后者是负相关。其中海温距平指数和淮河流域的降水距平百分率的相关性系数为 0.13, 接近通过 0.1 信度检验, 经过 3 个月平滑后, 相关性系数为 0.18, 通过 0.05 信度检验, 经过 5 个月平滑后的相关性系数为 0.22, 通过 0.02 信度检验。南方涛动相关性系数通过了 0.02 信度检验, 经过 3 个月和 5 个月的滤波后, 分别通过了 0.01 和 0.001 的信度检验 (详见表 3)。由此看来, 南方涛动和淮河流域的降水相关性明显比海温异常高, 我们认为原因是由于海温异常对淮河流域降水的影响不如气压影响直接和快速, 而它还要对大气环流造成影响后再间接的影响降水, 存在较长的反应滞后时间, 而我们所进行相关性求解时用的是同步同期数据。

表 3 淮河流域降水距平百分率和 ENSO 事件相关性系数表

类别	R	3 个月平滑后的 R	5 个月平滑后的 R
SSTA (126)	0.126355	0.179259	0.223821
SO (148)	-0.23296	-0.29872	-0.32564

SSTA 指 Nino3 区达 EL Nino 或 La Nina 标准的平均海表面温度距平指数, 括号内数字指时间序列长度, 月数。

### 4 功率谱分析

对 Nino3 区温距平指数、南方涛动指数和降水距平百分率分别做了功率谱分析。结果表明:海温距平指数和南方涛动指数都有 3 个显著周期,而且它们几乎完全一致,这 3 个周期是 18 个月、26 个月和 47 个月,也就是说,ENSO 事件大致有 1.5 年、2 年和 4 年三个周期。而降水距平百分率周期复杂,有 3 个月、4.5 个月、5 个月、7.5 个月、11 个月、15.5 个月、19.5 个月、26 个月和 78.5 个月九个周期。它们有着 26 个月的相同周期,说明 ENSO 事件在周期方面有一定的共同性。

置信度检验的结果表明,海温指数(EN)的 3 个周期都通过了 99% 检验,涛动指数(SO)的 47 个月和 26 个月周期也通过了 95% 检验。降水距平百分率周期性检验结果表明,和 ENSO 事件一致的周期没有通过检验,只有 4.5 个月周期通过了 99% 检验,3 个月和 5 个月周期通过了 95% 检验。我们认为,这说明了影响淮河流域降水异常因素复杂,ENSO 事件只是其中一个因素(因为它们有一个共同的周期 26 个月),而不是决定因素,它对淮河流域降水异常的影响还不足以起到非常显著作用而使其相同周期通过检验。

### 5 年内分布特征分析

相关分析和周期分析结果表明,ENSO 事件和淮河流域降水变化存有相同的周期,二者之间有显著的相关性。那末 ENSO 事件发生时淮河流域降水距平百分率在年内的分布是否也有相应的变化呢?我们从 EL Nino 年、LA Nina 年、以及在 SO 指数偏高和偏低年四个方面作了分析。为了更好地表现季节规律,减少季节内因素干扰,我们对降水距平百分率做了 3 个月的季度滑动平均滤波处理。

图 1 表明,在 EL Nino 事件发生年里,淮河流域冬天和春天 11~5 月份的降水明显增加,尤其是春天(4 月份),增加两成多,而夏天对 EL Nino 事件的响应不是很明显,在 9、10 月份降水还有减少的趋势。

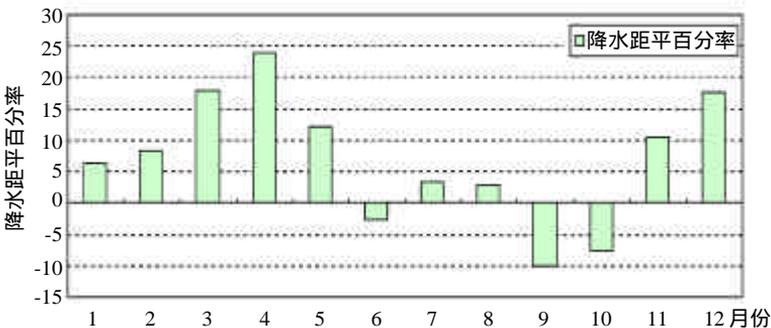


图 1 厄尔尼诺年淮河流域降水距平百分率年内分布图

图 2 表明, LA Nina 事件总体上减少了淮河流域的降水, 尤其对夏季和冬季的降水影响明显, 7 月份平均减少三成多。但对春季和初夏的淮河流域降水影响不明显。

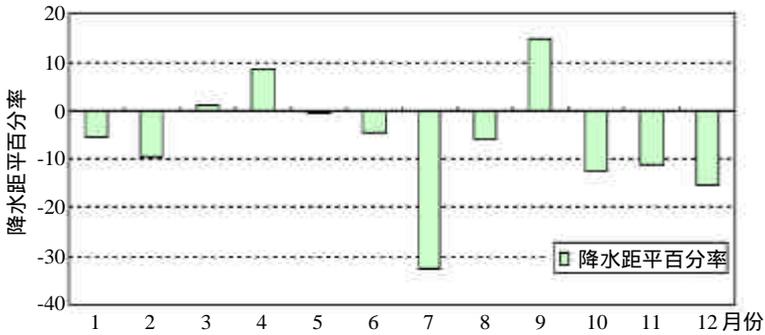


图 2 拉尼诺年淮河流域降水距平百分率年内分布图

图 3 表明当 SO 指数偏高时, 淮河流域降水普遍减少。除夏季降水变化不明显外, 冬季降水偏少, 而春秋两个季节的降水显著偏少, 尤其是 9、10 和 11 月份, 降水和平时相比减少非常突出, 与往年相比减少 30% 多。

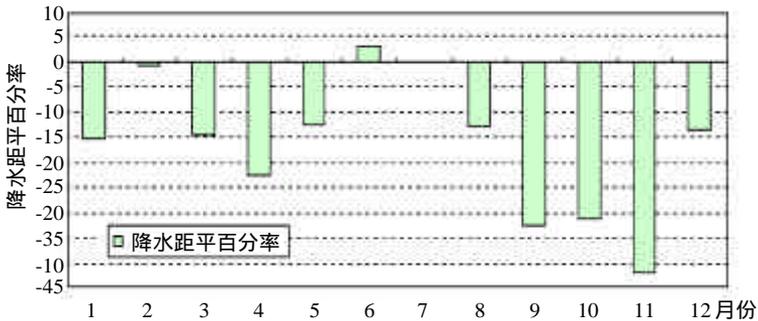


图 3 SO 指数偏高时淮河流域降水距平百分率在年内的分布图

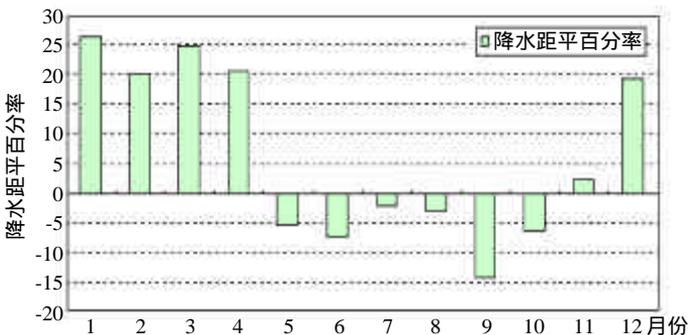


图 4 SO 指数偏低时淮河流域降水距平百分率在年内的分布图

图 4 表明了 SO 指数偏低时淮河流域降水距平百分率在年内分布规律, 规律非常明显, 当 SO 指数偏低时, 冬春季节淮河流域降水普遍增多, 与往年相比增多 20% 多; 但夏秋两个季节降水有减少趋势, 减少 10% 左右。

归纳上述四种情况, 可以看出整个 ENSO 事件对淮河流域降水影响在不同月份和季节影响的情况(见表 4)。

表 4 ENSO 事件对淮河流域降水影响在年内分布表

类别	总评	降水明显增多月份	降水明显偏少月份	异常显著月份
EL Nina	春冬季节增多	11、12、3、4、5	9	4 月增多 24%
LA Nina	降水普遍少, 秋季降水减少明显	9	7、10、11、12	夏季 7 月份减少显著, 减少 33%
SO 指数偏高	降水普遍偏少, 而且, 偏少非常明显	无	1、3、4、5、8 9、10、11、12	9 月减少 33% 11 月减少 42%
SO 指数偏低	冬春季降水偏多明显, 而夏秋偏少	12、1、2、3、4	9	12~4 月基本上都增多 20% 以

(明显增多或者偏少以正负 10% 为标准)

值得说明的是图 1~4 中的降水百分率是其相应发生月份的降水距平百分率的平均值, 由于受资料长度的客观限制, 每个月的降水距平百分率一般都是有 4 个月份平均所得出的, 因此, 难免波动很大。为此我们给出表 5 标准差统计表, 给出了每个月的标准偏差, 从而有利于我们理解每个月份内部的波动性。从表 5 我们可以看出, 降水充沛的夏季标准差相对较小, 一般都小于 50, 而降水偏少的冬季标准差较大, 一般在 50 以上。由此可见, 冬季降水波动性最大, 它对 ENSO 事件的响应也最为敏感。

表 5 标准差统计表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	总计
La Nina	48	55	17	18	25	23	8	13	38	51	54	46	38
El Nino	70	65	48	54	61	32	21	19	26	27	27	52	43
SOIL	62	23	27	42	60	40	45	26	33	21	18	22	39
SOIH	51	46	39	32	16	28	25	10	11	42	20	30	33

## 6 滞后分析

上面已经提到, 我们认为淮河流域的降水异常和赤道东太平洋的温度异常之间不是同步的, 二者相互作用影响需要一定的时间。我们以整个时间序列和 EL Nino 事件的数据为例, 对此做了一些分析研究。

首先, 减少了季度内的因素干扰, 我们对降水距平百分率和 ENSO 指数做了 3 个月的平滑滤波处理。如果做 N 个月的滞后处理, 我们将整个降水距平百分率序列数据整体上移 N 个月份, 然后去掉那些非 ENSO 事件的月份数据, 即可以求出滞后 N 个月份的相关性系数。在处理后得到了表 6, 由此得到了赤道东太平洋海温异常对淮河流域降水影响之后分析图和 EL Nino 对淮河流域降水影响滞后分析图(见图 5~6)。

表 6 ENSO 事件对淮河流域影响滞后相关系数统计表

滞后时间	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EN and LN	0.18	0.23	0.28	0.30	0.29	0.25	0.18	0.11	0.04	-0.02	-0.10	-0.18	-0.24
EL Nino	0.09	0.18	0.30	0.42	0.51	0.52	0.45	0.33	0.27	0.17	0.05	-0.17	-0.32

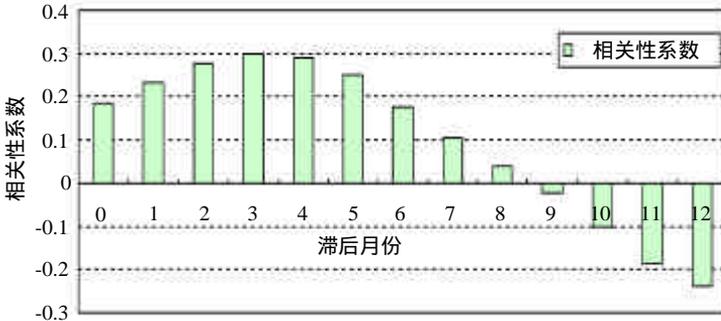


图 5 赤道东太平洋海温异常对淮河流域降水影响滞后分析

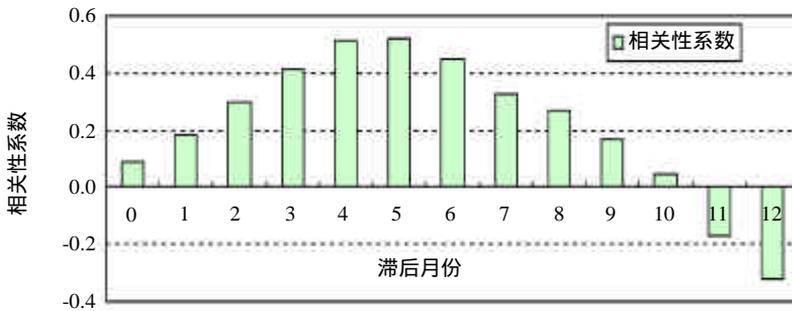


图 6 EL Nino 对淮河流域降水影响滞后分析图

从图 5 中可以看到，赤道东太平洋海温异常对淮河流域降水的影响是一个过程。当月就有不是很明显的表现，不过，随时间推移淮河流域降水对海温异常的响应越来越明显，在滞后 3 个月达到最强烈的响应。然后，在逐渐递减，到滞后 6 个月的时候，与同期的响应几乎相当，然后还在逐渐递减，到 9 月份后甚至出现了负相关。

EL Nino 事件是赤道东太平洋海温异常中的异常增温，它对淮河流域降水的影响滞后规律和我们分析的整个温度异常规律基本一致，只是 NL Nino 滞后时间更长一点，具体情况是，淮河流域降水异常对 EL Nino 事件 3~6 个月都有明显响应，以 4~5 个月份响应最为显著，在滞后到第 11 个月时，相关性开始由正相关转为负相关。

## 7 结论

(1) 研究表明, ENSO 事件和淮河流域降水异常有明显的相关性。赤道东太平洋海温距平指数和淮河流域的降水距平百分率成正相关关系, 经过 3 个月和 5 个月的滑动滤波后, 其相关性系数分别通过 0.05 和 0.02 信度检验。南方涛动指数与其成负相关, 其相关性系数通过了 0.02 信度检验, 经过 3 个月和 5 个月的滤波后, 分别通过了 0.01 和 0.001 的信度检验。

(2) 经功率谱分析发现, ENSO 事件的冷事件(LA Nina)和暖事件(EL Nino)有 3 个共同的明显周期, 即 18 个月、26 个月和 47 个月。而降水距平百分率周期性复杂, 有多个周期, 其中和 ENSO 事件有相同的 26 个月的周期。

(3) 淮河流域在 EL Nino 年内春冬季节降水增多, 秋季 9 月份减少; 在 LA Nina 年内降水普遍减少, 整个秋季降水减少明显, 而夏季的 7 月份减少尤为突出, 减少达 33%; 当 SO 指数偏高时, 淮河流域的降水非常明显并普遍减少, 尤其是 9、10、11 三个月, 减少量都在 30% 以上; 而当 SO 指数偏低时, 春冬季节降水增多明显, 而夏秋季节有所偏少。

(4) 淮河流域降水对赤道东太平洋海温异常的响应是一个过程, 其最大响应滞后时间为 3 个月左右, 其中, 对 EL Nino 相应需要更长一点时间, 要用 4~5 个月左右才能达到最大响应。

### 参考文献:

- [1] 李志安, 林 巧, 韩延本, 等. EL Nino 与太阳活动的 50 d 振荡[J]. 天文学报, 1996, 37 (4) : 443.
- [2] 韩延本, 李志安, 赵 娟. 由地球自转的年际变化预测 EL Nino 事件[J]. 地球物理学进展, 2000, 15(3) : 112~114.
- [3] Dawei Zheng, Xiaoli Ding etc. Earth rotation and ENSO events: combined excitations of inter annual LOD variations by multi scale atmospheric oscillations. Global and Planetary Change 2003, 36 : 89~97.
- [4] Jianhua Ju, Slingo J. The Asian summer monsoon and ENSO. Quarterly Journal-Royal Meteorological Society, 1995, 121 (525) : 1133~1168.
- [5] Knutson T R, Marabe S, Gu D F. Simulated ENSO in a global coupled ocean-atmosphere model: Multidecadal amplitude modulation and CO2 sensitivity. Journal of climate, 1997, 10(1) : 138~161.
- [6] Ropelewski CF, Halpert MS. Global and regional scale precipitation patterns associated with the EL Nino/Southern Oscillation. Mon Wea Rev, 1987, 115: 1606~1626.
- [7] Shi Neng, Chen Luwen and Xiadongdong. A preliminary study on the global land annual precipitation associated with ENSO during 1948-2000. Advances in atmospheric science, 2002, 19 (6) : 993~1003.
- [8] 龚道溢, 王绍武. 近百年 ENSO 对全球陆地及中国降水的影响[J]. 科学通报, 1999 (3) : 315~320.
- [9] 刘永强, 丁一汇. ENSO 事件对我国天气气候的影响[J]. 应用气象学报, 1992, 3 (4) : 473~481.
- [10] Lan Yongchao, Ding Yongjiang, Kang Ersi. The relationship between ENSO cycle and high and low-flow in the upper Yellow River. Journal of Geographical Sciences, 2003, 13(1) : 105~111.
- [11] 陈烈庭. 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[J]. 大气科学, 1977, 1(1) : 1~12.
- [12] 陈菊英, Wasył Drosdowsky Neville Nicholls. 中国汛期区域旱涝与 ENSO 事件的遥相关研究[J]. 中央民族大学学报(自然科学版), 1995, 4(1) : 41~50.
- [13] 陈菊英, 王玉红, 王 文. 近 50 年来 ENSO 的冷暖事件评定及其对夏季雨型的之后效应[A]. 汛期旱涝预测方法研究[C]. 北京: 气象出版社, 2000, 109~113.
- [14] 杨庆萍, 王 苏, 王 睿. 洪泽湖枯水年比较及与 ENSO 事件关系[J]. 气象科学, 2002, 22(1) : 113~118.

## THE IMPACT OF ENSO EVENTS ON HUIHE RIVER BASIN'S PRECIPITATION

XIN Zhong-bao , XIE Zhi-ren

(Nanjing Normal University , Nanjing 210097 China)

Abstract : Studies show that there is evident correlation between ENSO events and the abnormality of Huaihe river basin's precipitation. Through power spectrum analysis, there are three obvious common periods, 18 months, 26 months and 47 months, for ENSO events. The abnormal of Huaihe River basin's precipitation is very complex, however there is a periods of 26 months, same as that of ENSO events. We found the annual distribution law about the abnormality of Huaihe river basin's precipitation in ENSO events is that : In El Nino year, the precipitation increases in spring and winter, while in La Nina year, the precipitation decreases, especial in July. When SOI is high, the Huaihe river basin's precipitation evidently decreases, especial in September, October and November, the decrement is more than 30%. While SOI is low, the Huaihe river basin's precipitation evidently increases.

Keywords : ENSO ; Huaihe ; Precipitation ; Power spectrum ; Lag analysis