

青藏高原夏季降水对 ENSO 的响应*

周顺武, 假拉, 杜军

(西藏自治区气象台, 拉萨 850001)

摘 要: 通过合成分析指出包括雅鲁藏布江中西段在内的青藏高原中西部地区夏季(6~8月)降水在 ENSO 的不同位相期间存在着显著的差异。利用交叉谱和奇异值分解等方法, 分析了高原夏季降水场与太平洋海温场在时间和空间上的联系, 结果表明, ENSO 的暖(冷)位相期, 高原大部分地区夏季降水以偏少(多)为主。

关键词: 高原夏季降水, ENSO, 交叉谱, 奇异值分解

中图分类号: P732 **文献标识码:** A

80 年代以来, 由于 ENSO 事件的频繁发生, 对全球气候变化产生了重大影响。大量研究表明, ENSO 事件与全球大气环流以及大范围的气候异常有着密切联系, 例如印度季风强弱、西太平洋副热带高压强度、台风活动以及长江流域的旱涝等都与 ENSO 事件存在着明显的统计关系。我国气象工作者发现在 ENSO 的暖期(El Nino)和 ENSO 的冷期(La Nina)中国东部江淮流域降水雨带存在明显差异^[1,2]。朱炳瑗等^[3]也研究了太平洋海温变化对西北夏季降水的影响。

青藏高原(以下简称高原)夏季降水受印度夏季风的影响, 降水主要集中在 6~8 月, 除南部边缘地区和东南部部分地区外, 大部分测站夏季降水占全年的 70% 以上。印度夏季风的强弱变化在一定程度上决定着高原夏季降水的多寡, 而印度季风异常与 ENSO 事件之间有十分紧密的联系^[4]。ENSO 事件期间, 高原夏季降水容易发生异常, 有关文献^[5]对此也有涉及, 但目前还没有较为具体的分析。本文目的在于揭示高原夏季降水对 ENSO 事件的响应。

所用资料为英国气象局整理的 1962~1994 年全球月平均海表温度距平资料, 经纬网格距为 $5^\circ \times 5^\circ$, 以及高原 35 个测站和邻近各省若干测站 6~8 月降水资料。

1 ENSO 事件时高原夏季降水的差异

1.1 高原夏季降水差异的空间分布

根据我国 ENSO 监测小组对 El Nino(La Nina)事件的定义^[6], 50 年代以来发生了 14 次 El Nino 事件(1951, 1953, 1957, 1963, 1965, 1969, 1972, 1976, 1982~1983, 1986~1987, 1991~1992, 1993, 1994, 1997 年)和 9 次 La Nina 事件(1954~1955, 1964, 1967, 1970~1971,

* 中国气象局“印度季风与青藏高原夏季降水”资助

收稿日期: 2001-02-08; 改回日期: 2001-06-13

第一作者简介: 周顺武, 男, 1968 年 2 月生, 硕士, 工程师。

另一方面,我们对高原各站夏季降水时间序列进行了功率谱分析^[8],发现除个别站外,大部分测站夏季降水具有 2~ 4 a 的短周期。因此我们采用带通滤波分别对 Nino3 指数序列和夏季降水序列分别进行 2~ 4 a 时间尺度的滤波,并计算两滤波序列之间的相关关系。图 3 是帕里站夏季降水 2~ 4 a 尺度滤波结果与前 1 年 7 月至当年 12 月 Nino3 指数之间的相关系数。由图可见,前 1 年的 Nino 指数与帕里站当年夏季降水有较好的正相关 ($R \geq 0.35$),随后相关系数迅速降低,其中当年 1~ 2 月相关性较差(已变为负值),到 3 月份相关系数已骤然降至 - 0.49(信度达到 0.01 水平),随后的几个月相关系数基本在 - 0.54~ - 0.65 之间,持续到当年秋、冬季,期间一直保持着稳定的负相关。这表明春、夏季的 Nino3 指数为正(负)时,帕里站夏季降水为负(正)距平。对沿江和西部降水序列进行同样滤波处理后,其相关性也有明显提高,信度均通过 0.05 检验(图略),春季 Nino3 指数与夏季降水有如此好的相关,这对于上述地区夏季降水的预报有一定的指示意义。

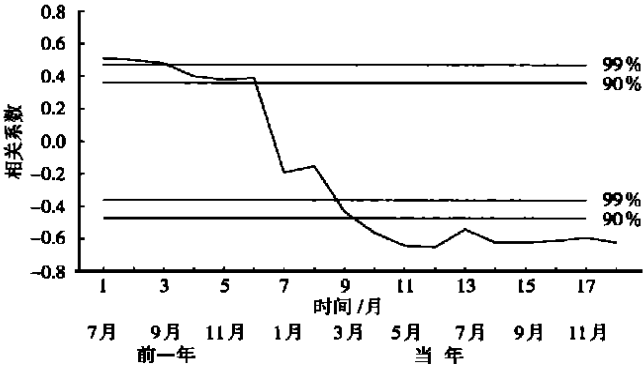


图 3 帕里站夏季降水 2~ 4 a 尺度滤波结果与前 1 年 7 月至当年 12 月的 Nino3 指数相关系数时间分布

Fig. 3 Lag-correlation between rainfall in summer at Pa Li station and Nino3 index from the preceding Jan. to the corresponding Dec.

3 降水指数与 Nino3 指数的交叉谱分析

交叉谱是一种用于研究不同气象要素时间序列之间频域结构及其相关关系的有效工具^[9]。我们将 1962~ 1994 年夏季 Nino3 指数时间序列记为序列 1,而将同期沿江夏季降水的时间序列记为序列 2,对序列 1 和序列 2 进行交叉谱分析,以进一步研究两序列之间的关系。

计算结果见表 1 两序列自谱及协谱的峰值均出现在周期 3.71 a,这与前面的分析一致。协谱在 3.71 a 的周期有最大值 ($P_{12} = - 0.056$),表明在该周期上赤道东太平洋海温与沿江夏季降水有较好的同位相负相关。有意思的是,在 3.71 a 的周期上凝聚谱也达到最大,谱值达 0.787,超过了 0.05 的信度。可见在 3.71 a 左右的周期上夏季 Nino3 指数序列与沿江夏季降水序列具有显著的负相关,且赤道东太平洋海温变化比沿江夏季降水变化超前 0.65 a。同样,对春季 Nino3 指数序列与沿江夏季降水序列进行了交叉谱分析,发现凝聚谱在 2.17 和 3.71 a 周期上有峰值,存在较显著的相关关系,其中在 2.17 a 上,谱值超过了 0.05 的信度,春季海温变化超前夏季降水变化约为 2 个月。

表 1 序列 1 与序列 2 之间的交叉谱和凝聚谱计算结果

Table 1 Coagulation spectrum and cross spectrum analysis between serial 1 and 2

	波数											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
周期 /a	26.00	13.00	8.67	6.50	5.20	4.33	3.71	3.25	2.89	2.60	2.36	2.17
Nino3序列自谱	0.078	0.063	0.040	0.049	0.087	0.118	0.172	0.134	0.043	0.029	0.056	0.063
降水序列自谱	0.069	0.091	0.108	0.091	0.045	0.056	0.115	0.107	0.085	0.055	0.025	0.068
协谱	- 0.003-	0.018-	0.023-	0.018-	0.024-	0.031-	0.056-	0.029	0.019	0.011	- 0.023-	0.030
凝聚谱	0.026	0.293	0.279	0.078	0.149	0.424	0.787	0.261	0.470	0.480	0.385	0.222
落后时间谱	- 5.525	2.300	1.185	- 0.140-	0.030-	0.645-	0.652-	0.554-	0.501-	0.483-	0.035-	0.093

4 太平洋海温与高原夏季降水的耦合特征

奇异值分解 (SVD)方法在研究两个气象场之间的空间相关关系方面是一个有效的工具,它既有坚实的数学基础,又有清晰的物理意义。为了揭示高原夏季降水场与海温场之间的对应关系,将高原(包括西藏全区 35 个测站及邻近的青海、四川和云南 13 个测站)夏季降水距平与冬、春和夏太平洋海温距平场(10°S~ 50°N,120°~ 90°W)进行奇异值分解。由于高原测站资料少、年限短,采用了 1979~ 1993 年共 15 a 的资料。SVD 分解时夏季降水场为左场,太平洋海温距平场为右场。其中第 1 对奇异值分解结果见表 2。

表 2 太平洋海温距平和高原夏季降水的第 1 对奇异值分解

Table 2 The SVD¹ results between Pacific SST A and summer rainfall over the Tibetan Plateau

	夏季降水	
	SCF1 %	相关系数
冬季海温	33.0	0.71
春季海温	41.2	0.72
夏季海温	44.1	0.79

SCF1 表示第 1 对奇异向量占总方差的百分率。由表 2 可知,高原夏季降水与前期、同期太平洋海温场相关系数都大于 0.70,均达到了 0.01 的信度,表明海温场和降水场空间型有比较密切的联系,因此我们主要分析两个场第 1 对奇异向量的空间分布型。其中冬、春季海温场和降水场的空间分布型(图略)东太平洋海温场以正值为主,最大正相关大于 0.40,位于中东太平洋 Nino3 海区。对应的降水场高原大部分地区为负相关,中西部相关系数达到 - 0.40 可见,前期东太平洋赤道海温偏高(低)时,对应高原夏季降水倾向于偏少(多)。

奇异值分解结果表明,高原夏季降水与同期太平洋海温场的联系最密切,第 1 对奇异向量占总方差的 44.1%,分别可解释降水和海温场的 26.9% 和 20.3% 方差。太平洋海温场(图 4b)表现为西负东正的分布型,中东太平洋为大范围的正相关区,最大相关系数大于 0.45,出现在赤道东太平洋海区,负值区中最小值出现在西北太平洋小于 - 0.75,这种分布型类似于典型 El Nino 型态。对应的降水场(图 4a,仅给出西藏高原部分)除东部地区有一小片的正值外,其余大部分为负相关,其中相关系数小于等于 - 0.5 的区域与图 1 中信度达到 0.05 水平的范

围十分吻合,包括有沿江中段及高原西北部。

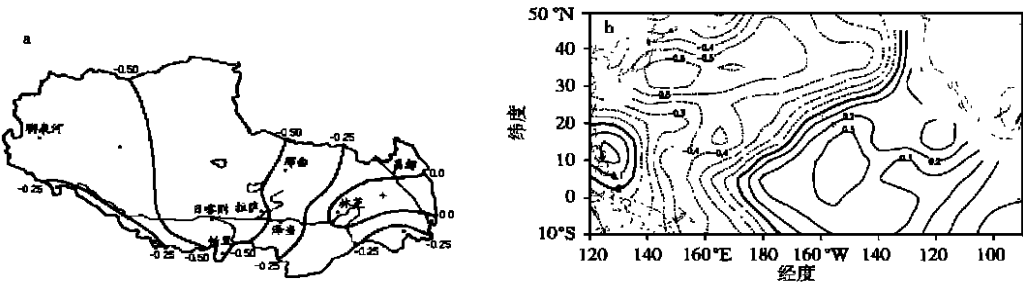


图 4 夏季降水与同期太平洋海温奇异值分解第 1 对奇异向量
a.降水场; b.海温场

Fig. 4 First-paired SVD singular vectors of rainfall in summer(a)
and simultaneous Pacific SST A(b)

由图 5 可以看出,降水时间系数的峰值对应高原中西部夏季降水偏少,谷值对应降水偏多;在 SSTA 时间系数的每个峰值 (1982, 1983, 1986, 1987, 1992, 1994 年) 均对应一次 El Nino 事件,而谷值 (1984, 1985, 1988 年) 对应 La Nina; SSTA 时间系数峰 (谷) 值对应高原夏季降水偏少 (多)。

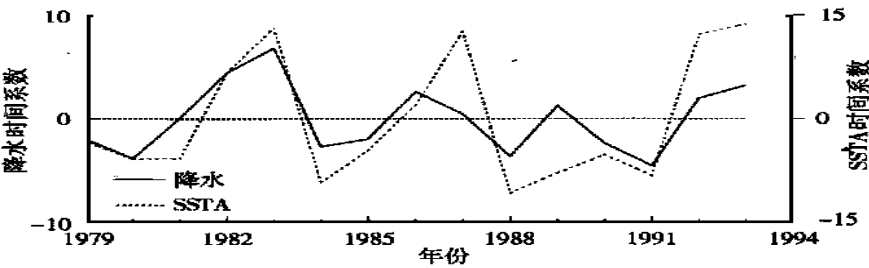


图 5 高原夏季降水场与同期太平洋 SSTA 的 SVD 分解左、右奇异向量第 1 特征向量时间系数

Fig. 5 Time coefficients of the first mode of SVD with
the coefficient of left(right) singular vector

综上所述,高原降水与前期、同期太平洋海温之间有着清晰的遥相关,当前期、同期东太平洋海温偏高、西北太平洋海温偏低时,对应高原大部分地区,尤其是中西部夏季降水以偏少为主。反之亦然。由于高原资料测站少、年限短,奇异值分解仅为 48 个测站 15 a 的分析结果,有待更长时间资料的进一步验证。

5 结 论

- (1)沿江以及高原西部等地夏季降水序列与春、夏季 Nino3 指数序列保持着稳定的负相关,即春、夏季 Nino3 指数为正 (负) 时,高原上述地区当年夏季降水出现负 (正) 距平。
- (2)高原夏季降水具有 2~4 a 振荡周期,在这个时间尺度上对 ENSO 有明显的响应。
- (3)交叉谱分析的结果表明,沿江夏季降水序列与夏季 Nino3 指数序列在 3.7 a 左右的周期段有很高的相关性,海温变化超前降水 0.65 a。
- (4)高原西部及沿江夏季降水在 ENSO 的不同位相期间有显著的差异, SVD 分解结果表明,高原夏季降水与前、同期太平洋海温场有密切的联系,当夏季中东太平洋海温偏高 (低),西

北太平洋海温偏低 (高) 时, 对应高原大部分地区, 尤其是中西部夏季降水以偏少 (多) 为主

致谢: 南京气象学院何金海教授审阅本文, 并提出修改意见, 谨致谢意

参考文献:

- [1] 符淙滨. 我国夏季气候异常与厄尔尼诺 南方涛动现象的关系 [J]. 大气科学, 1988, 12(特刊): 133~ 141
- [2] 赵振国. 厄尔尼诺现象对北半球大气环流和中国降水的影响 [J]. 大气科学, 1996, 20(4): 422~ 428
- [3] 朱炳瑗, 李栋梁. 1945~ 1988年期间厄尔尼诺事件与我国西北旱涝 [J]. 大气科学, 1992, 16(2): 185~ 192
- [4] Meehl G A. The annual cycle and interannual variability in the tropical Pacific and Indian Ocean region [J]. Mon Wea Rev, 1987, 115(1): 27~ 50
- [5] 周顺武, 假拉. 西藏雨季开始和中断的气候特征及其环流分析 [J]. 气象, 1999, 25(12): 38~ 42
- [6] ENSO 监测小组. 厄尔尼诺事件的划分和标准 [J]. 气象, 1989, 15(3): 37~ 38
- [7] 黄荣辉, 傅云飞. 关于 ENSO 循环动力学研究的若干进展与问题 [A]. 见: 黄荣辉主编. 灾害性气候过程与诊断 [C]. 北京: 气象出版社, 1996. 172~ 188
- [8] 周顺武, 普布卓玛, 假拉. 青藏高原汛期降水类型的研究 [J]. 气象, 2000, 26(5): 39~ 43
- [9] 丁裕国, 江志红. 气象数据时间序列信号处理 [M]. 北京: 气象出版社, 1998. 180~ 188

RESPONSE OF THE SUMMER PRECIPITATION OVER THE TIBETAN PLATEAU TO ENSO EVENTS

Zhou Shunwu, Jia La, Du Jun

(Meteorological Observatory of Tibet Autonomous Region, Lasha 850001)

Abstract Composite analysis is used to analyze distinction of rainfall in summer (Jun. to Aug.) over the Tibetan Plateau during ENSO period. It is found that rainfall in mid-western Plateau exhibits obviously different during El Nino and La Nina events. Coagulation spectrum and singular value decomposition (SVD) are used to investigate the relationship between the Plateau summer rainfall and Pacific SSTA. Generally, there is below (above) normal summer precipitation in this region on the phase of El Nino (La Nina).

Key words Plateau summer precipitation, ENSO, coagulation spectrum, SVD