2000年9月

Journal of Nanjing Institute of Meteorology

文章编号: 1000-2022(2000) 03-0391-08

热带对流活动与长江中下游和 华北地区夏季旱涝的关系

葛旭阳¹,李砚华¹,蒋尚城² (1.上海气候中心,上海 200030; 2.北京大学地球物理系,北京 100871)

摘要:利用 OLR 资料,结合 NCEP/NCAR 再分析资料,研究了长江中下游、华北地 区旱、涝年热带对流活动特征,着重讨论了 IT CZ 位置、季节内低频振荡与两地区旱、 涝气候异常的联系。结果发现:1月赤道太平洋上对流活动的异常与夏季两地区旱涝 有密切的关系,冬季赤道太平洋对流活动东强西弱(东弱西强),则对应夏季长江中下 游地区易偏涝(旱),华北地区易偏旱(涝);IT CZ 的位置异常偏南(北)时,夏季长江 中下游地区易偏涝(旱),华北地区易偏旱(涝);两地区旱、涝年 OLR 季节内低频振 荡存在差别,主要表现在低频波的传播方式以及强度,这些差异的存在可能是导致两 地区夏季降水出现差异的重要原因之一。

关 键 词: 长江中下游, 华北地区, 旱涝, 热带对流, 低频振荡 中图分类号: P434 **文献标识码**: A

近年来,随着全球观测卫星资料的积累,其大大弥补了常规资料的不足,大量研究工作已 将卫星资料应用于灾害性天气气候诊断中。蒋尚城等^[1~2]利用OLR 对长江流域旱涝进行诊断 研究。朱乾根等^[3]研究了青藏高原冬季OLR 年际变化特征及其与我国夏季降水的联系。李月 洪等^[4]分析了华北地区旱涝年份OLR 特征。本文旨在利用更全面的OLR 资料,对长江中下 游、华北地区夏季旱涝进行对比分析,通过对大尺度环流及热带对流场的分析,揭示出两者的 特征,以加深对旱、涝成因的认识,从而为我国夏季降水预测提供一些有意义的依据。

本文使用了美国 NOAA 卫星系列观测的 1975~1995 年逐候 2.5 %×2.5 经纬度 OLR 格点资料。此外,还利用了美国国家环境预报中心提供的 1979~1995 年全球逐旬 850 hPa 风 场(*u*,*v*)资料。

1 旱、涝年份的划分

旱、涝年份主要根据国家"九五"重中之重项目 96-908 执行专家组委托 04-03 专题所确定 的华北(承德、北京、天津、石家庄、济南、烟台、青岛、邢台、安阳、潍坊、荷泽、郑州、长治、太原等 17 个台站)和长江中下游地区(南京、合肥、上海、杭州、安庆、宁波、南昌、衢县、长沙、屯溪、常 德、贵溪、汉口、岳阳、宜昌、钟祥、九江等 17 个台站) 典型旱涝年份,其具体选择的依据是降水 指数

收稿日期: 1999-11-06; 改回日期: 2000-01-17

基金项目: 国家科委重中之重 "九五 "短期气候预测 96-908-05-06 项目资助

作者简介: 葛旭阳, 男, 1972年6月生, 硕士, 助工

$$I_{\rm R} = \left(\frac{\frac{i=1}{m}P_i}{\frac{1}{m}P_i} + \frac{K}{m}\right) \times 100 \%_{\circ}$$

其中 P_i 为第 i 站 6~8月总降水量, P_i 为第 i 站 1961~1990年夏季平均降水量, m 为区域内 所选代表站数, K 为 m 站中降水量距平 0的站数。当 $I_{\rm R}$ 25 %时, 为严重雨涝; $I_{\rm R}$ – 25 % 时为严重干旱。

此外,考虑到所研究期间(1975~1995年)长江中下游处于多雨背景阶段,旱年偏少,而华 北则处于少雨阶段,涝年偏少。所以综合考虑文献[5~6],给出两地区旱涝年份(表1),并对相 应的旱、涝年进行合成分析。

表 1 长江中下游、华北地区夏季旱涝年份

Table 1	The years	for	drought/flood	in	summer	ove
---------	-----------	-----	---------------	----	-------------------------	-----

the mid-lower valleys of the Yangtze and north China

	长江中下游地区	华北地区
旱年	1978, 1981, 1985, 1988, 1990	1983, 1986, 1989, 1992
涝年	1980, 1983, 1987, 1991, 1993	1976, 1990, 1994

为了揭示两地区旱、涝的特征,首先分析夏季(6~8月)旱、涝年份热带对流场差值(涝年 减去旱年,下同)(图1)。



图 1 OLR 旱、涝年份差值分布(涝年减去旱年) a. 长江中下游地区; b. 华北地区 (阴影区为负值区,等值线间隔为 5 W · m⁻²)

Fig. 1 The difference of OLR between composite flood and drought years for the mid-lower valleys of the Yangtze(a) and north China(b)

(Contour interval is 5 W $\,\cdot\,m^{-\,2}\,w\,ith$ negative areas shaded)

图 1a 为长江中下游地区情形,从图中可知,典型涝(旱)年夏季该地区为负(正)距平区,即 对流活动强度偏强(弱),对应夏季降水偏多(少);此外,菲律宾以西太平洋暖池呈现正(负)距 平,日界线及以东赤道太平洋则为较强的负(正)距平区,其分布类似于 El Nino(La Nina)事件 情形。图 1b 代表华北地区情形,夏季该地区典型涝(旱)年为负(正)距平区,即对流活动强度 偏强(弱),相应的夏季降水为偏多(少);此外,印度地区也相应存在一个显著的负(正)距平区, 这表明我国华北地区夏季降水与印度夏季风雨量有相似的气候统计特性;同时发现,菲律宾以 西太平洋暖池呈现负(正)距平区,赤道东太平洋则为较强的正(负)距平区,其分布类似于 La Nina (El Nino)事件情形。比较图 1a 和 1b 可知,两者在低纬地区热带对流活动呈现显著的反 位相关系。鉴于 OLR 可以较好的表征出两地区旱、涝特征及相应的低纬地区热带对流活动的 情况,下面就 OLR 进行详细讨论。

2 热带对流活动特征

2.1 旱涝年前期特征

首先分析了两地区旱、涝年份的OLR 合成图(图略),由于所选样本容量较少,所以对其 显著性不加以讨论。此外,为更好的表现两地区旱、涝年OLR 差异,直接给出了长江中下游、 华北地区夏季旱、涝年前期1月份的OLR 差值分布(图2)。长江中下游地区夏季偏涝(旱)时,

前期1月份赤道西太平洋OLR 偏高(低),赤道 东太平洋OLR 偏低(高),即赤道西太平洋对 流活动偏弱(强),赤道东太平洋则对流活动偏 强(弱)(图 2a)。而对应华北地区(图 2b),前期 特征与长江中下游地区截然相反,具体情况为: 前期1月份赤道西太平洋OLR 偏低(高),赤道 东太平洋OLR 偏高(低),即赤道西太平洋对 流活动偏强(弱),赤道东太平洋对流活动偏弱 (强)。进一步研究表明,这两种分布型可以维持 到夏季(图 1)。由此可见,前期热带对流活动的 异常情况可以为两地区夏季旱涝预测提供一定 的依据。

2.2 ITCZ 特征

大量研究表明, 我国雨带的分布与西太平 洋副热带高压的位置及强度有密切的关系, 而 西太平洋副热带高压的季节性移动与南侧的 ITCZ 有密切的联系。鉴于 OLR 可以很好的表 征 ITCZ 的位置与强度, 在此就两地区旱、涝年 份 ITCZ 情况展开讨论。选定 120 °E 作为特征 经度来分析 ITCZ 轴线(以 OLR 最小值所在的 纬度表示)活动情况。从多年(1975~1994年) 平均来看, ITCZ 在 5 月中旬有一个突然北跳 的现象, 这与南海季风爆发日期基本一致, 这意



图 2 旱、涝年份前期 1 月份的 OLR 的差值分布 a. 长江中下游地区; b. 华北地区 阴影区为负值区; 等值线间隔为 10 W · m⁻² Fig. 2 The difference of OLR in the preceding January between composite flood and drought years for the mid-lower valleys(a) of the Yangtze and north China(b) (Contour interval is 10 W · m⁻² with negative areas shaded)

味着 IT CZ 的位置变动与东亚夏季风的季节进程关系密切。同时,为突出两地区旱、涝年份的 差异,分别给出两地区旱、涝年 ITCZ 轴线位置的累积距平曲线(图 3)。

从图 3 可见, 两地区旱、涝年 IT CZ 轴线位置的累积距平曲线存在显著的差异。对于长江 中下游地区而言(图 3a), 从 4 月开始, 涝年时 IT CZ 累积距平曲线显著下降(实线); 旱年时累 积距平曲线为明显上升(虚线)。

对于华北地区(图 3b)而言,当典型涝年 时,从1月中旬开始 IT CZ 累积距平曲线出 现3次上升,其值显著的高于0值,而于6月 以后趋于平稳;典型旱年,4月以前,IT CZ 累 积距平曲线在0~10间,4月期间存在一次 突降,其后呈现出在0值附近。

由此可知, 当前期 ITCZ 的位置异常偏 南(北)时, 夏季长江中下游地区偏涝(旱), 华 北地区易偏旱(涝)。同时还表明, 两地区旱、 涝年 ITCZ 变化具有各自的'特点", 这些特 征与亚洲夏季风活动存在密切的关系, 这需 要作进一步研究。而上述特征可以为我们夏 季降水的短期气候预测提供一定的依据。

为进一步说明 ITCZ 的位置与东亚夏季 风环流的关系, 普查了夏季 ITCZ 轴线位置 与 500 hPa 纬向风的同期相关(图 4), 发现 我国长江流域上空为一显著的负相关带(通 过 5 % 的信度), 而我国南海及西太平洋暖 池上空为一显著的正相关区。这种分布型说 明 ITCZ 的位置偏南(北)时, 长江流域西风 偏强(弱), 而长江流域西风偏强(弱) 有利于 江淮流域夏季降水偏多(少)。而对于处在较 高纬度的华北地区来说, 相关不明显, 这可能 与华北地区的降水受中高纬系统的影响较大



图 3 旱、涝年份 ITCZ 轴线位置的累积距平曲线 a. 长江中下游地区; b. 华北地区 (实线为涝年; 虚线为旱年)



有关,这需要进一步研究中高纬与低纬系统相互作用的过程。

2.3 低频振荡特征

许多研究指出,大气低频振荡(30~60 d)现象尤其是季风活动的低频振荡与短期气候有 密切的关系。首先对两地区旱、涝年份进行个例分析(图略),表明,旱、涝年基本上具有各自类 似的演变特征,且两种类型之间的差异较明显。金祖辉等¹⁶研究了江淮流域干(1981、1984、 1986、1988、1990年)、湿(1980、1982、1983、1987、1991年)夏季风年份对流活动的低频特征,而 上述事实与其个例及合成分析所得的结果基本一致。为了突出典型旱、涝年份特征差异,只给 出了旱、涝年份的合成分析结果。图 5 为沿 120 °E 经度所作的低频波时间-纬度剖面,并以此 讨论低频波的经向传播特征。

当长江中下游地区为典型旱年时(图 5a),从4~6月中旬,低频波负距平值主要表现为自 北向南传播特征,7月中旬至9月,则呈相反的传播特征,以自赤道由南向北传播为主。在典型 涝年时(图 5b),在4月到7月中旬期间,低纬地区低频波负距平值自赤道由南向北传播,而中 纬度则主要自北向南传播,两者交汇于 30 N 附近,这种低频波有利于该地区对流活动发展, 降水增多。这一点与蒋尚城⁸¹结果一致。同时可以发现,在4~6月中旬期间,30 N 以南地区 LFO 传播特征在旱、涝年中差异最为显著,即旱(涝)年中 30 N 以南地区低频波负值区主要

23 卷



图 4 夏季 IT CZ 轴线位置与 500 hPa 纬向风的同期相关系数分布 (阴影区为 5% 信度区, 等值线间隔为 0, 25)

 $Fig. 4 \quad The \ correlation \ coefficients \ between \ ITCZ \ latitude$

and 500 hPa zonal wind in summer during 1979 ~ 1995

(Contour interval is 0.25, and areas with = 0.05 significance are shaded)

表现为自北向南(自南向北)传播特征。

华北地区典型旱年(图 5c)情况为:5月至7月初,LFO 负值区主要表现为:在该地区南侧 以自北向南传播为主,而从7月到9月中旬,约以35 N为界,其北侧中纬度地区出现自南向 北传播,而南侧则以自北向南传播为主,即以35 N为界,向南北两侧分散传播;当典型涝年 (图 5d)时,从5月到8月中旬期间,35 N以北的中纬度地区以自北向南传播为主,35 N以 南较低纬度地区则呈现自南向北传播,两者交汇于35 N附近,这意味该低频分量有利于该 地区对流活动发展,降水增多。此外,在5月中旬到8月初,该地区南侧LFO 传播特征在旱、涝 年份中基本上呈现出相反的特征,即旱(涝)年35 N以南地区低频波负距平值主要表现为自 北向南(自南向北)传播特征。

以上分析表明,两地区旱、涝年份低频振荡具有各自特点,且之间差异较为明显。而对两地 区典型涝年而言,在主要雨期内LFO负值区均呈现出在该地区汇合特征,所不同的仅是LFO 负值区南、北向传播所交汇的纬度位置,即华北涝年南支低频波负距平支传播得更北,与北支 交汇于35 N附近(而长江中下游涝年两者交汇于30 N附近)。此外从强度来看(比较图5b 和5d),华北地区涝年LFO分量较长江中下游地区涝年时强度较强。结合上文分析可知,当赤 道西太平洋对流活动偏弱(强)时,夏季长江中下游地区易偏涝(旱),华北地区易偏旱(涝);这 意味着赤道西太平洋对流活动偏弱(强)时,LFO自南向北传播强度也可能相应地偏弱(强)。 陈隆勋等^[9]指出,当热带西太平洋地区对流强(弱)时,中国大陆的对流微弱(强),而中国北部 的对流活动则强(弱),即赤道西太平洋地区低频振荡可能是中国低频振荡的源。余斌等^{10]}的 研究表明,热带对流强度上的差异可以造成热带内外地区季节内遥相关波列以及低频波能频 散上的差异,即热带对流作用可以是联系热带内外地区季节内遥相关作用的一种重要衔接因 子。由此可见,两地区旱、涝年热带对流活动低频振荡传播特征存在显著的差异,这表明热带对 流活动低频振荡和我国夏季降水分布可能存在密切的关系,这一特征可为我国夏季降水的中 长期预报提供一定的依据。



图 5 旱、涝年份 OLR 季节内低频振荡分量的时间-纬度剖面图 a. 长江中下游旱年; b. 长江中下游涝年; c. 华北地区旱年; d. 华北地区涝年 阴影区为负值区; 等值线间隔为 5 W·m⁻²

Fig. 5 The time-latitude section of the quasi 30~60 d oscillation of OLR

along 120 $\ensuremath{\,\underline{E}}$ for flood(a) and drought(b) years over

the mid-lower valleys of the Yangtze and for flood(c) and drought(d) years over north China (Contour interval is 5 W · m⁻², and negative areas are shaded)

3 结 论

3期

(1)前期赤道西太平洋 OLR 偏高(低),赤道东太平洋 OLR 偏低(高),即赤道西太平洋对 流活动偏弱(强),赤道东太平洋对流活动偏强(弱)时,夏季长江中下游地区易偏涝(旱),华北 地区易偏旱(涝)。

(2) IT CZ 轴线位置与我国夏季风降水存在密切的关系,当 IT CZ 的位置偏南(北)时,夏季 长江中下游地区易偏涝(旱),华北地区易偏旱(涝)。这可能由于 IT CZ 影响副热带高压等季风 环流系统的活动,进而影响中纬度西风带的位置与强度,从而影响我国夏季降水的分布型。

(3) 通过 OLR 季节内低频振荡分析表明, 两地区旱、涝年份传播特征存在明显的差别, 主要表现在低频波的传播方向及强度上, 而这些差异的存在可能是导致两地区夏季降水出现差异的重要原因之一。

以上研究揭示长江中下游地区、华北地区夏季旱、涝年低纬热带对流活动特征的差异,并 讨论了其间可能的联系,这有助于加深对两地区夏季旱、涝成因的认识。但由于我国夏季降水 机制十分复杂,是中高纬系统与低纬系统相互作用的结果,所以有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 蒋尚城, 温斯顿. 长江流域旱涝的 OLR 特征[J]. 气象学报, 1989, 47(4): 494~498
- [2] 蒋尚城. 气象卫星对长江流域旱涝的诊断研究[J]. 科学通报, 1992, 37(19): 1779~1781
- [3]朱乾根,盛春岩,陈 敏.青藏高原冬季 OLR 年际变化特征及其与我国夏季降水的联系[J].高原气象,2000,19(1):75~83
- [4]李月洪,刘 煜.向外长波辐射与我国华北地区旱涝关系的初步研究[J].应用气象学报,1991,2(2):213~217
- [5] 赵汉光. 华北的雨季[J]. 气象, 1995, 20(6): 3~8
- [6] 金祖辉, 村上胜人. 东亚季风区对流活动的年际变异及与江淮流域旱涝关系的研究[C]. 见: 何金海主编: 东亚季风研究的 新近展. 北京: 气象出版社, 1996. 88~98
- [7] 李崇银. 江淮流域汛期降水与热带大气季节内振荡的活动[C]. 见: 黄荣辉主编. 灾害性气候的过程及诊断. 北京: 气象出版社, 1996. 72~76
- [8] 蒋尚城. 1991 年江淮流域梅雨 OLR 场的特征[J]. 应用气象学报, 1993, 4(3): 301~309
- [9] 陈隆勋, 朱乾根, 罗会邦, 等. 东亚季风[M]. 北京: 气象出版社, 1991. 102~134
- [10] 余 斌, 黄荣辉. 热带对流活动与热带内外地区季内相互关系的研究[C]. 见: 黄荣辉主编. 灾害性气候的过程及诊断. 北 京: 气象出版社, 1996. 206~210

Relationship between tropical convection and summer rainfall over the mid-lower valleys of the Yangtze and north China

GE Xu-yang¹, LI Yan-hua¹, JIANG Shang-cheng²

(1. Shanghai Climate Center, Shanghai 200030; 2. Peking University, Beijing 100871)

Abstract: In the content of $1975 \sim 1995$ OLR data and $1979 \sim 1995$ NCEP/NCAR reanalysis data, the features of tropical convective activities are discussed in wet/dry summers over the mid-lower valleys of the Yangtze and north China, with focus on the relationship between the position/LFO of ITCZ and the flood/drought over the two areas. Results show that: 1) there exits a close relationship between the flood/drought over the study areas in summer and the convective activities over the tropical Pacific in the preceding January, with strong convection in eastern Pacific and weak in western Pacific corresponding to flood in the mid-lower valleys of the Yangtze and drought in north China, and v. v.; 2) when IT CZ lies in the south(north) of its mean position, there will be flood(drought) over the mid-lower valleys of the Yangtze and drought (flood) over north China; 3) there are differences in LFO of OLR between wet/dry summers, which is mainly characterized by its propagation and intensity. Such a differences may serve as one of the important causes for the difference of summer rainfall between the two areas.

Key words: mid-lower valleys of the Yangtze, north China, flood/drought, tropical convection, LFO