

川渝地区夏季干旱气候特征及成因分析

易俊莲^{1,2}, 方建刚^{1,3}, 刘晓东¹

(1. 中国科学院地球环境研究所, 陕西 西安 710075; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 陕西省气候中心, 陕西 西安 710015)

摘要: 利用 1979—2011 年英国东英吉利大学气候研究中心 (CRU) 整理的地面月降水资料和日本气象厅 (JMA) 加工的全球高空等压面月平均气象场再分析资料, 采用标准化降水指数 (SPI), 确定了川渝地区典型干旱年, 讨论了川渝地区夏季典型干旱的气候特征及其大气环流特征。结果表明: 川渝地区夏季典型干旱年具有气温高、降水少的气候特征; 东亚中纬度盛行纬向气流, 西风锋区偏北, 冷空气多偏北东移, 川渝地区及其我国北方大部分地区受大陆带状高压控制。500 hPa 带状高压与 100 hPa 南亚高压中心位置基本一致, 且 500 hPa 高压中心与温度场的暖中心相对应, 是持续性川渝夏季干旱具有近似正压结构的典型环流特征; 同时川渝地区夏季干旱年对流层低层从云贵高原到四川盆地的西南气流明显偏弱, 风场距平合成表明, 云贵高原到川渝地区为东北距平风, 距平风场上华南地区为明显的气旋式环流; 川渝地区夏季典型干旱年整层西南气流水汽输送与常年比较明显偏小。

关键词: 川渝地区; 夏季干旱; 标准化降水指数; 大气环流; 水汽输送

中图分类号: S426.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)04-0237-08

Analysis of climatological characteristics and causes of summer droughts in Sichuan-Chongqing region

YI Jun-lian^{1,2}, FANG Jian-gang^{1,3}, LIU Xiao-dong¹

(1. Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Shaanxi Climate Center, Xi'an 710015, China)

Abstract: Using the monthly precipitation data from Climate Research Unit (CRU), University of East Anglia in England and the global monthly mean meteorological reanalysis data at standard isobaric levels from Japan Meteorological Agency (JMA) from 1979 to 2011, the criterion of typical drought years in Sichuan-Chongqing region was determined with the Standardized Precipitation Index (SPI), and the climatological characteristics and possible causes of summer droughts in Sichuan-Chongqing region were analyzed from the aspect of atmospheric circulation. The results show that, during years with typical summer droughts, the surface air temperature is higher and the precipitation is less than normal. The zonal circulation develops in mid-latitude regions of East Asia, and the westerly frontal zone and the cold air mass shift northward during summer droughts. Meanwhile, Sichuan-Chongqing region and most parts of northern China are under the control of mainland belt high pressure. The location of high pressure at 500 hPa field is nearly the same with the center of South Asian high pressure at 100 hPa field. Moreover, the high pressure center at 500 hPa corresponds with the warm center in the temperature field. This quasi-barotropic structure is the typical circulation feature of a persistent summer drought in Sichuan-Chongqing region. At the same time, the southwesterly flow is obviously weakened from Yunnan-Guizhou Plateau to Sichuan Basin in the low troposphere. In the anomaly wind field, there exist northeasterly flows from Yunnan-Guizhou Plateau to Sichuan Basin, and there is a cyclonic circulation over southern China. The entire-layer southwesterly water vapor transport in typical summer drought years is much weaker than normal in Sichuan-Chongqing region.

收稿日期: 2012-10-12

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项 B(XDB03020600); 国家自然科学基金项目(41290255); 国家重点基础研究发展规划项目(2010CB833406)

作者简介: 易俊莲(1986—), 女, 四川成都人, 硕士研究生, 主要从事气候分析研究。E-mail: yijl@ieccas.cn。

Keywords: Sichuan-Chongqing region; summer drought; standard precipitation index; atmospheric circulation; water vapor transport

干旱是持续数月大范围降水低于正常值的极端气候事件。在全球气候变暖的背景下,干旱等极端气候事件发生的频次、强度都在迅速增大,严重影响了人类的生存和社会的可持续发展^[1],因此干旱的成因及影响分析引起了众多学者的关注^[2-3]。Dai^[4]认为在全球变暖背景下,ENSO、热带大西洋海温及亚洲季风在干旱化进程中起着主要的作用。李新周等^[5]分析了近百年来 7 大干旱区干旱变率对全球变暖的可能影响。石崇等^[6]利用 SPEI 分析近 60 年东半球干旱化趋势和变率,指出东半球大部分地区近年来正处于干旱化进程。邹旭恺等^[7]基于综合干旱指数,分析了 1951—2006 年我国及各区域干旱的气候变化,表明我国东北和华北地区干旱化趋势显著,尤其在近 20 年干旱发生更加频繁,同时干旱化趋势最显著地区与增暖幅度最大地区有很大的一致性。马柱国等^[8]利用地表湿润指数对我国北方极端干旱的分布特征进行了研究,认为近 10 年来东北、华北地区的极端干旱发生频率是近 100 年来最严重的极端干旱频发期。然而有分析显示^[9],近 50 年来西南大部地区极端干旱发生频率显著增大,进入 21 世纪以来,西南地区极端干旱的发生次数明显增加,但区域间差异减小。许多学者从不同角度讨论了近年来西南地区重大干旱天气气候特征及成因^[10-15]。Lu^[16]等分析了 2009—2010 年西南地区的严重干旱的特点及天气动力学特征,指出气温偏高和降水偏少,加大了地面蒸发量并导致农业和水文干旱,同时大气环流异常导致该地区对流层低层水汽输送量减少和下沉运动偏强,是产生该地区严重干旱的天气动力学原因。熊光洁等^[17]分析了西南地区近 50 年夏季降水时空分布特征,表明西南地区夏季降水存在准 14 年的变化周期,近 50 年川东渝北和川西高原地区夏季降水量明显增加,而四川盆地则明显减少。综上所述,过去研究的重点多集中在干旱个例的天气气候分析或降水量变化的统计分析,对西南干旱的气候特征及极端干旱的气候成因分析较少。

本文利用 1979—2011 年英国东英吉利大学整理的月降水资料和日本气象厅全球月平均再分析资料,采用标准化降水指数(SPI),确定了川渝地区区域旱涝指标与等级,并对川渝地区夏季典型干旱的气候特征及其大气环流特征进行分析,目的在于进一步了解该地区夏季干旱特征和天气气候成因,将

有助于提高西南地区干旱的气候预测水平。

1 资料来源及干旱指数计算

1.1 资料来源

选用了英国东英吉利大学气候研究中心(Climatic Research Unit, CRU)整理的 1979—2011 年水平分辨率为 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 的格点逐月平均地表降水和气温,该资料通过了严格的均一性检验,具有空间分辨率高、连续性好等特征^[18]。同时选用日本气象厅(JMA)提供的全球大气 1979—2011 年逐月月平均再分析资料^[19],分辨率为 $1.25^\circ \times 1.25^\circ$,物理量为 12 层等压面(1 000、925、850、700、600、500、400、300、250、200、150、100 hPa)的位势高度(H),风速(u , v),垂直速度(ω),温度(T)和比湿(q)。

1.2 干旱指数计算

1.2.1 标准化降水指数(SPI) 利用 CRU 降水资料计算了标准化降水指数(SPI)。SPI 是表征某时段降水量出现概率多少的指标之一,该指数适用于月及以上尺度相对当地气候状况的干旱监测与评估,能较好地反映干旱强度和持续时间,具有客观、计算简单等特点^[20]。因此 SPI 在干旱监测分析中得到广泛应用^[21],以下简略介绍其计算原理和方法。

某一时间尺度的降水量通常是不遵从正态分布,而是一种偏正态分布。SPI 是将时段降水量的时间序列看作遵从 Γ 分布,通过降水量的 Γ 分布概率密度函数求累积概率,再将累积概率正态标准化而得到。正态标准化处理目的是消除降水量在时空分布上的差异,使 SPI 能够反映不同地区、不同时间尺度的旱涝特征。其计算方法如下^[22-24]:

假设某一时间的降水量为 x ,则其 Γ 分布的概率密度函数为:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} (x > 0)$$

式中 $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy$, $\alpha(\alpha > 0)$, $\beta(\beta > 0)$, 分布为形状参数和尺度参数, β 和 α 可以用极大似然估计方法求得: $\hat{\alpha} = \frac{1 + \sqrt{1 + 4A/3}}{4A}$, $\hat{\beta} = \bar{x}/\hat{\alpha}$, 这里 $A = \ln \bar{x} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg x_i$, n 为降水量序列的长度, x_i 为降水量资料样本; \bar{x} 为降水量气候平均值; A 为分布的偏斜的度量值, 给定时间尺度的累积概率 $F(x) =$

$$\int_0^x f(x) dx = \frac{1}{\hat{\beta}^2 \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t/\hat{\beta}} dt, \text{若 } t = x/\hat{\beta}, \text{上式}$$

$$\text{变为非完全的伽马函数: } F(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt,$$

由于不包括 $x = 0$ 的情况,而实际降水量可以是 0,所以累积概率表示为: $H(x) = q + (1 - q)F(x)$,式中, q 为时段内无降水的概率, $q = m/n$, m 为时段内无降水的样本数, n 为降水量气候平均值。累积概率 $H(x)$ 被转换成均值为 0,方差为 1 的标准正态随机变量,即标准化降水指数 SPI。

$$SPI = S\left(t - \frac{(c_2 t + c_1)t + c_0}{((d_3 t + d_2)t + d_1)t + 1.0}\right)$$

式中: $t = \sqrt{\ln \frac{1}{H(x)^2}}$, 并当 $H(x) > 0.5$ 时, $H(x) = 1.0 - H(x)$, $S = 1$, 当 $H(x) \leq 0.5$ 时, $S = -1$ 。 $c_0 = 2.515517$, $c_1 = 0.802853$, $c_2 = 0.010328$, $d_1 = 1.432788$, $d_2 = 0.189269$, $d_3 = 0.001308$ 。

参照相关研究结果^[25],根据 SPI 变量的正态分布曲线,划分 7 个等级及其相应的 SPI 指数界限值作为旱涝指标(表 1)。

表 1 基于 SPI 值划分的旱涝等级

Table 1 Drought/flood grades determined with the value of SPI

等级 Grade	SPI 值 SPI value	旱涝类型 Type of drought/flood
1	SPI > 1.645	重涝 Extreme flood
2	1.037 < SPI ≤ 1.645	大涝 Severe flood
3	0.524 < SPI ≤ 1.037	偏涝 Slight flood
4	-1.037 ≤ SPI < -0.524	正常 Normal
5	-1.037 ≤ SPI < 0.524	偏旱 Slight drought
6	-1.645 ≤ SPI < -1.037	大旱 Severe drought
7	SPI < -1.645	重旱 Extreme drought

1.2.2 区域旱涝指标与等级 由于受地理纬度和地貌影响,川渝地区气候地带性和垂直方向变化十分明显,区域气候差异显著,高原山地气候和亚热带季风气候并存。东部地区夏热多雨,西部地区降水集中、干雨季分明。因此夏季川渝地区降水不仅区域差异大,而且时间分布不均,区域内部分地区可能高温少雨,而另一部分地区因强对流天气,多雨并有洪涝灾害,而通常情况下主要关心区域内旱涝强度与范围。因此需要既能反映旱涝空间范围,又能反映旱涝强度的区域旱涝指标。根据相关的研究^[26-27],区域旱涝指标确定为:

$$L = \frac{2n_1 + n_2 + n_3}{n} \times 100$$

$$H = \frac{2n_7 + n_6 + n_5}{n} \times 100$$

式中, L 、 H 分别为区域雨涝指标和干旱指标; n_i 为区域内 SPI 指数为 i 等级的格点数; n 为区域内选取的总格点数。其计算结果不仅反映了旱涝的空间分布,并在旱涝程度上加以区分,因为重涝重旱格点对区域旱涝的影响程度较大,而且其格点数越多,则区域旱涝程度越重,根据上述公式计算了 1979—2011 年川渝地区 7—8 月区域旱涝指数(表 2),分析显示旱涝指数不仅反映了区域旱涝空间分布,也反映了区域旱涝强度,两者之差反映了旱、涝相对程度,旱或涝程度较重,范围较大年份,旱指数或涝指数则较大,反之则较小。

区域旱涝指数在一定程度上能够反映区域干旱和洪涝的范围与强度,因此区域旱涝指数可以用来划分干旱与洪涝等级,在应用区域旱涝指数划分干旱与洪涝等级时,要考虑旱涝指数的量级大小,也要考虑两者之差的大小。将指数较大,且两者之差绝对值较大的月份作为旱(涝)年。根据区域降水的差异和旱涝特征,确定了川渝地区旱涝等级划分标准(表 3),依据此标准将川渝地区夏季干旱、洪涝划分为雨涝、多雨、正常、偏旱、干旱等 5 个等级(表 4)。表中未列出正常年份。在 1979—2011 年 7—8 月,雨涝月份占 11%,多雨月份占 20%,正常月份占 40%,偏旱月份 17%,干旱月份占 12%,因此用区域旱涝指数划分洪涝与干旱等级是比较合理的。从表中可以看出,干旱年多出现在 1994—2011 年期间,而洪涝年多出现 1981—1993 年期间。

2 川渝地区夏季典型干旱的气候特征

2.1 川渝地区夏季气候特征

川渝地区地形复杂,夏季受不同季风环流交替影响,降水时空分布不均,并且区域特征显著。川西高原地区高山峡谷众多,山地垂直气候带明显,山脉地形对降水影响显著,夏季 7—8 月区域降水差异较大(图 1a),多年平均降水量 200~350 mm,气温垂直差异显著,多年平均气温北部区域 10℃~14℃(图 1b),南部区域 14℃~18℃;四川盆地中部区属西南季风气候区,平原、盆地、河谷、丘陵共存,其地形较为复杂,夏季降水充沛,年际变率较大,多年平均降水量 400~600 mm,多年平均气温 22℃~25℃;盆地东部地区属东南季风气候区,地形为较平坦的盆地和丘陵,雨热同季,多年平均降水量 300~450 mm,多年平均气温 24℃~27℃。

表 2 川渝地区 1979—2011 年逐年夏季干旱指数 (H) 和雨涝指数 (L)Table 2 Summer drought indices (H) and flood indices (L) in Sichuan-Chongqing region from 1979 to 2011

年份 Year	7 月 July			8 月 August		
	L	H	$L - H$	L	H	$L - H$
1979	13.74408	56.87204	-43.12796	36.49289	21.32701	15.16587
1980	35.54502	46.4455	-10.90047	62.08531	9.952606	52.1327
1981	57.34597	15.16588	42.18009	63.98104	15.63981	48.34123
1982	46.91943	30.33175	16.58768	40.28436	38.38863	1.895733
1983	56.39811	43.12796	13.27015	65.40285	27.48815	37.9147
1984	103.7915	0.4739336	103.3175	56.87204	5.687204	51.18484
1985	39.81042	10.42654	29.38388	35.54502	11.84834	23.69668
1986	18.00948	79.14692	-61.13744	13.27014	45.0237	-31.75356
1987	27.01422	8.056872	18.95734	56.87204	10.42654	46.4455
1988	42.1801	52.60664	-10.42654	28.90995	41.70616	-12.79621
1989	40.28436	17.06161	23.22275	46.4455	17.06161	29.38389
1990	49.76303	9.00474	40.75829	24.64455	18.95735	5.687204
1991	22.27488	44.07583	-21.80095	29.38389	35.07109	-5.687204
1992	35.54502	36.01896	-0.4739342	14.69194	60.66351	-45.97156
1993	24.17062	45.49763	-21.32701	69.19431	7.109005	62.08531
1994	0	100.9479	-100.9479	0	88.15166	-88.15166
1995	31.75356	36.49289	-4.739334	27.96209	21.32701	6.635071
1996	19.90521	33.17535	-13.27014	3.317536	69.66824	-66.35071
1997	2.369668	1.895735	0.4739337	1.895735	0.4739336	1.421801
1998	112.3223	2.369668	109.9526	139.3365	2.369668	136.9668
1999	94.3128	3.791469	90.52133	46.91943	3.791469	43.12796
2000	33.17535	35.54502	-2.369671	66.35071	5.21327	61.13744
2001	4.739336	99.52607	-94.78674	15.16588	55.45024	-40.28436
2002	36.96682	32.22749	4.739334	22.74882	60.66351	-37.91469
2003	55.45024	8.056872	47.39336	79.62085	1.421801	78.19905
2004	38.38863	1.895735	36.49289	10.90047	33.17535	-22.27488
2005	13.74408	18.95735	-5.21327	39.33649	4.265403	35.07109
2006	0.	81.04266	-81.04266	0.	153.0806	-153.0806
2007	59.24171	16.11374	43.12796	42.1801	20.85308	21.32701
2008	7.582938	21.32701	-13.74408	13.27014	10.90047	2.369669
2009	16.11374	16.58768	-0.4739323	29.85782	8.056872	21.80095
2010	31.75356	2.843602	28.90995	46.91943	0	46.91943
2011	27.01422	36.01896	-9.004742	0.4739336	72.98578	-72.51185

表 3 川渝旱涝指标与等级

Table 3 Drought/flood indices and grades in Sichuan-Chongqing region

等级 Grade	指标 Index	类型 Type of drought/flood
1	$L \geq 60, L - H \geq 60$	雨涝 Severe flood
2	$40 \leq L < 60, 30 \leq L - H < 60$	偏涝 Flood
3	$L(H) < 40, L - H < 30$ 或 $H - L < 10$	正常 Normal
4	$40 \leq H < 60, 10 \leq H - L < 60$	偏旱 Drought
5	$H \geq 60, H - L \geq 60$	干旱 Severe drought

表 4 1979—2011 年夏季川渝地区的干旱与雨涝年份

Table 4 Summer drought and flood years in Sichuan-Chongqing region during 1979—2011

类型 Type	7 月 July	8 月 August
雨涝 Severe flood	1984、1998、1999	1993、1998、2000、2003
偏涝 Flood	1981、1982、1983、 1990、2003、2007	1980、1981、1983、1984、 1987、1999、2010
偏旱 Drought	1979、1980、1988、 1991、1993	1986、1992、1996、 2001、2002、2004
干旱 Severe drought	1986、1994、2001、2006	1994、1996、2006、2011

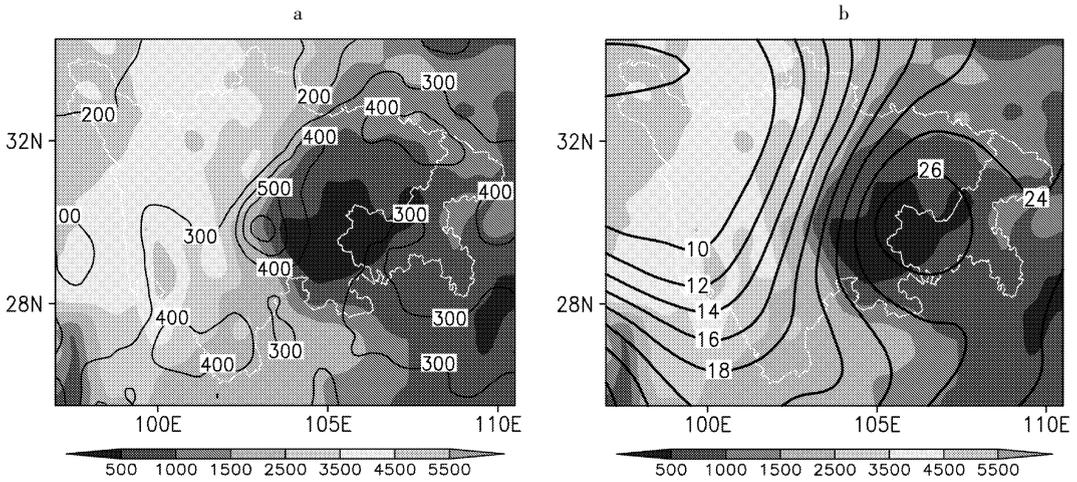


图 1 川渝地区 1979—2011 年夏季(7—8 月)平均降水量(a,单位:mm)与平均温度(b,单位:°C)分布

Fig.1 The distribution of mean precipitation (b, unit: mm) and temperature (a, unit: °C) in summer (July - August) in Sichuan-Chongqing region during 1979—2001

注:图中阴影区为地形高度(m)分布(下同) Note: The colored shadows indicate topography (m), the same hereinafter.

2.2 川渝地区夏季气候变化特征

对川渝地区近 33 年夏季平均气温作线性拟合可知,川渝地区夏季平均气温变化趋势基本一致(图 2a),均呈上升趋势,但上升幅度不同。川西北高原地区夏季平均气温倾向率为 0.3 ~ 0.6°C/10a,四川盆地和川西南山地夏季平均气温倾向率为 0.1 ~ 0.3°C/10a,川西北高原地区明显高于四川盆地和川西南山地,表明在全球变暖的背景下,川渝地区夏季

温度变化具有明显区域特征。

分析川渝地区近 33 年夏季降水变化趋势,发现四川盆地近 33 年夏季降水呈减少趋势(图 2b),其气候倾向率为 -20 ~ -40mm/10a,而川西北高原、川西南山地、川东南等地夏季呈略增加趋势,其气候倾向率大部地区为 10 ~ 20mm/10a。值得注意的是,四川盆地部分地区近 33 年夏季气温升高的同时,降水却在减少。

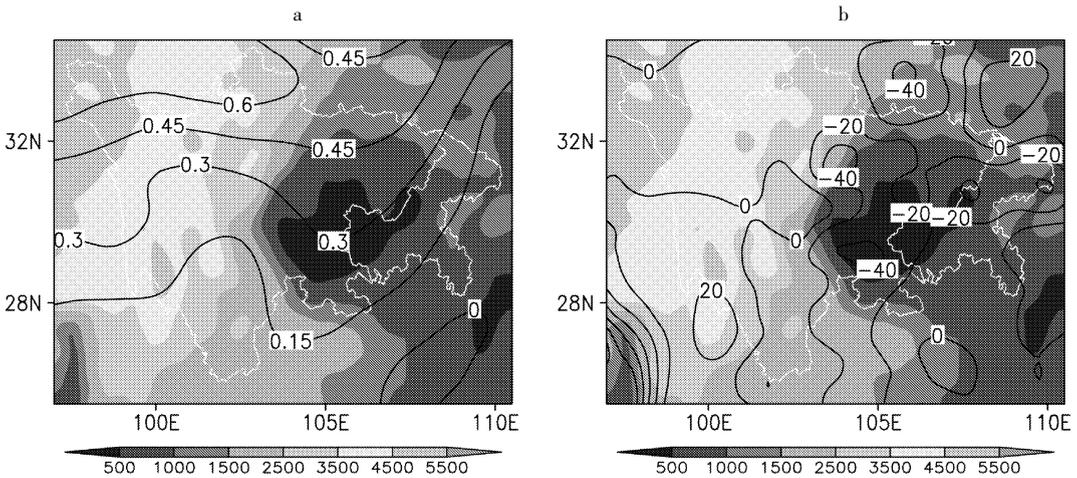


图 2 川渝地区 1979—2011 年夏季(7—8 月)平均温度倾向率(a,单位:°C·10a⁻¹)和平均降水量倾向率(b,单位:mm·10a⁻¹)

Fig.2 The trend rates of mean temperature(a,unit: °C·10a⁻¹) and precipitation(b,unit: mm·10⁻¹) in summer (July - August) in Sichuan-Chongqing region during 1979—2011

2.3 川渝地区典型干旱年气候特征

从表 4 中选择 1994、2001、2006 年 7 月和 1996、2011 年 8 月等 5 个典型干旱月份,作为川渝地区夏季典型干旱年的代表月份,并进行合成分析。发现川渝地区夏季典型干旱年平均温度分布呈现四川盆

地高,川西高原低的分布特征(图 3a),典型干旱年平均气温川西北高原 10°C ~ 15°C,川西北山区 20°C ~ 25°C,四川盆地 25°C ~ 28°C,川西南山地 16°C ~ 20°C,与多年平均值比较(图 3b),四川盆地大部地区偏高 1°C ~ 2°C,川西地区偏高 0°C ~ 1°C。

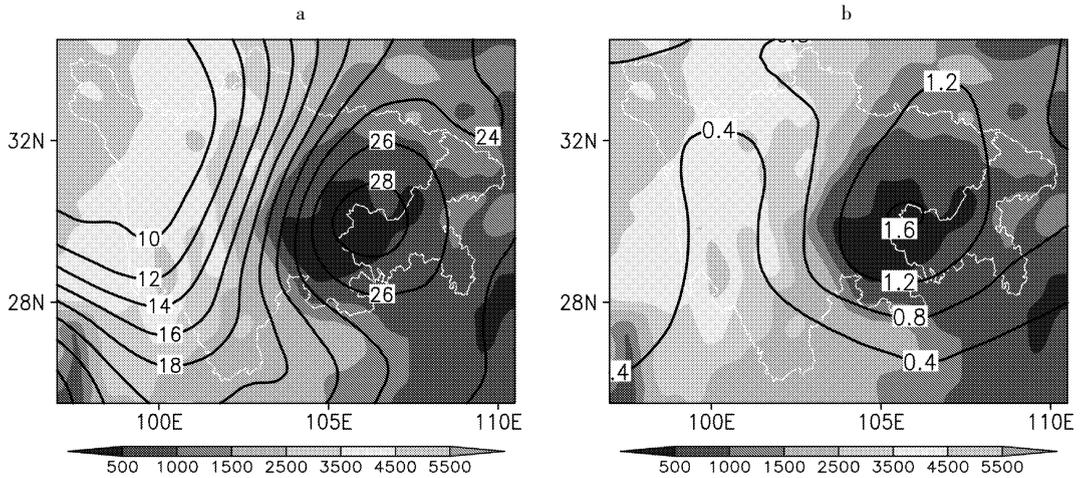


图 3 川渝地区典型干旱年夏季平均气温(a, 单位: °C)及其距平场(b, 单位: °C)

Fig. 3 The average temperature (a, unit: °C) and its anomaly fields (b, unit: °C) in summer of typical drought years in Sichuan-Chongqing region

川渝地区夏季典型干旱月平均降水量川西北高原 50~100 mm(图 4a),川西北山区 100~200 mm,四川盆地大部 80~100 mm,川西南山地 100~150 mm,与多年平均值比较川西北高原、四川盆地偏少 40%~60%(图 4b),川西北山区、川西南山地四川盆地

西部偏少 15%~30%。与上述典型干旱年气温分布特征对比,结果显示四川盆地气温正距平中心与降水负距平中心基本一致。可见川渝地区夏季干旱具有高温少雨的特点。

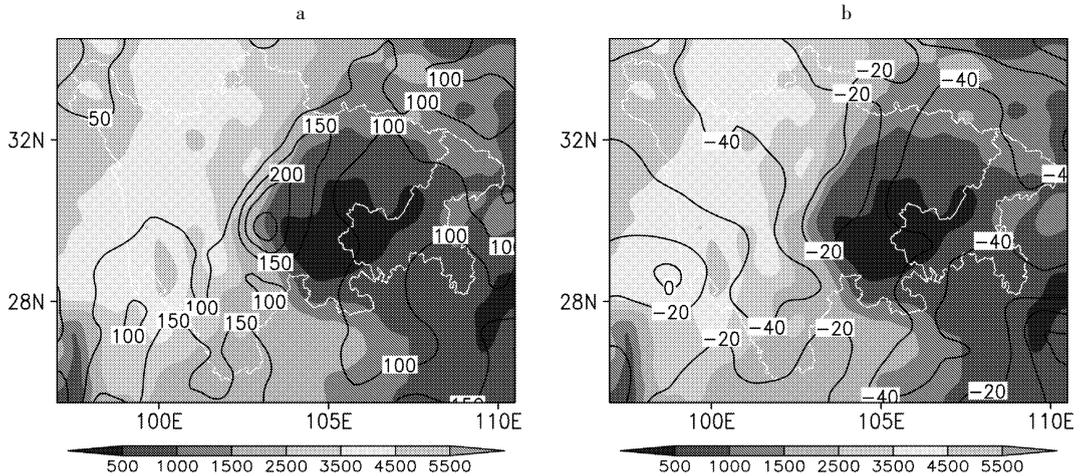


图 4 川渝地区典型干旱年夏季平均降水量(a, 单位: mm)和降水距平百分率(b, 单位: %)

Fig. 4 The average precipitation (a, unit: mm) and its anomaly percentage (b, unit: %) in summer of typical drought years in Sichuan-Chongqing region

3 川渝夏季干旱成因分析

3.1 大气环流特征

川渝地区夏季典型干旱年 500 hPa 欧亚中高纬度环流形势呈两脊一槽型(图 5a),乌拉尔山附近为一长波槽,而中纬度东亚盛行纬向气流,西风锋区位于 45°N 附近,反映了冷空气活动较少,活动位置偏北,且冷空气以偏东北移为主,四川盆地及其我国北方大部分地区为带状高控制,易出现晴热少雨的高温天气。距平场中乌拉尔山附近为明显的负距平中

心,有 -6dagpm 闭合负距平中心,青藏高原到亚洲大陆东岸为正距平,表明川渝地区夏季典型干旱年乌拉尔山长波槽偏深,西太平洋副热带高压偏强,位置偏西。相应的 500 hPa 温度场(图略)中,与乌拉尔山东部低槽相配合是明显温度槽,而控制川渝地区的大陆高压对应的是大于 2°C 闭合暖中心。100 hPa 高度场(图 5b),南亚高压控制了亚洲上空,中心位于青藏高原西侧(31°N, 75°E)附近,与 500 hPa 高压带中心位置基本一致,环流垂直结构具有近似正压结构特征,同时温压场的这种分布有利于西风带大

气环流稳定和大陆高压维持。有利于川渝地区晴热

少雨天气。

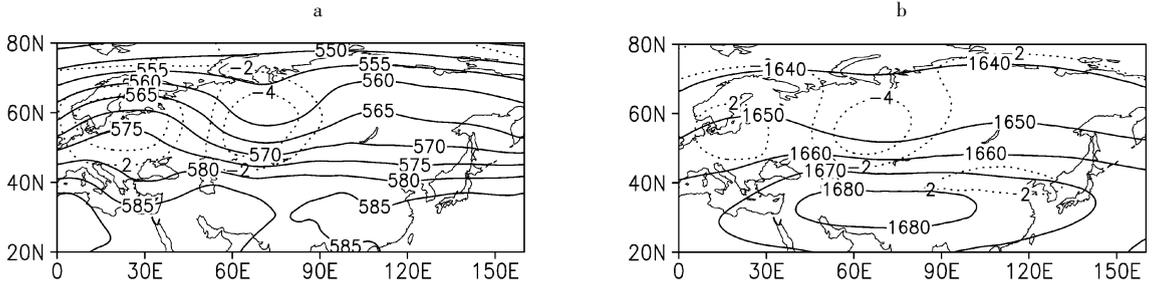


图5 川渝地区夏季典型干旱年 500 hPa(a)和 100 hPa(b)高度场(实线)及距平场(虚线,单位:dagpm)
Fig.5 The potential height (solid lines) and its anomaly (dashed lines) fields at 500hPa (a) and 100hPa (b) for typical summer drought years in Sichuan - Chongqing region (unit: dagpm)

3.2 850 hPa 环流特征分析

夏季对流层低层 850 hPa 南亚盛行西南气流,西南气流在北进过程中受青藏高原地形影响,在高原东侧形成明显的偏南气流,并与西太平洋副热带高压外围偏南气流汇合,为川渝地区夏季降水提供了充足的水汽,也形成了该地区夏季高温多雨的气候特征。而川渝地区夏季典型干旱年南亚西南气流在进入我国时一部分向东(图 6a),在华南地区转向

向北,与西太平洋副热带高压外围的东南气流汇合后进入川渝地区,但风速比较小,而经云贵高原进入川渝地区的西南气流,较常年明显偏小,在 850 hPa 风场距平合成图(图 6b)中我国华北地区为反气旋距平风场,华南地区为明显的气旋距平风场,川渝地区到云贵高原为东北距平风,表明川渝地区夏季典型干旱年对流层低层西南气流较常年同期明显偏弱。

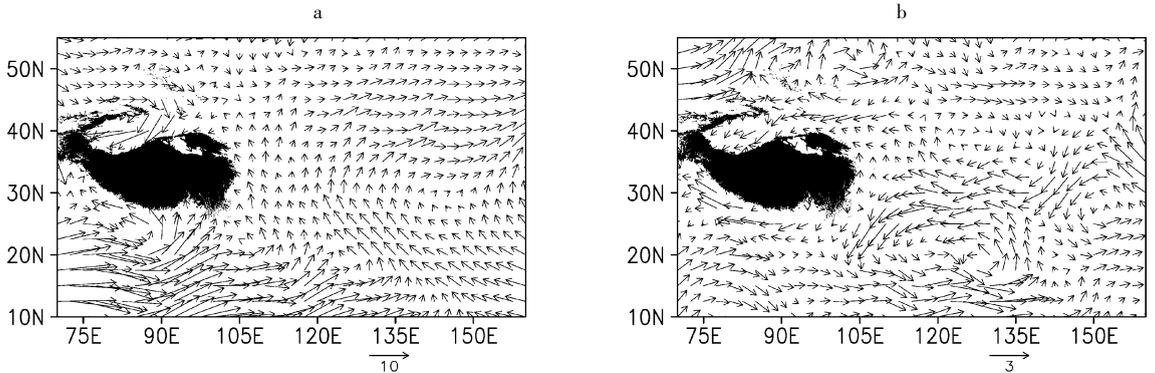


图6 川渝地区夏季典型干旱年 850 hPa 平均流场(a)及其距平流场(b)

Fig.6 The average (a) and anomaly (b) wind vector fields at 850 hPa for typical summer drought years in Sichuan-Chongqing region

川渝地区夏季典型干旱年 850 hPa 平均垂直速度场(图 7a)中。华北、华南为上升运动,特别是华南地区有小于 $-5 \times 10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 垂直上升区,而川渝大部分地区为下沉运动区,相应距平图(图 7b)中,川渝地区为 $1 \times 10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 垂直速度正距平中心,华南地区有 $-3 \times 10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 负距平中心,华北有 $-2 \times 10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 负距平中心,表明在川渝地区夏季典型干旱年主要受大陆高压控制。下沉气流较常年同期明显增强。这时华北、华南上升运动较常年同期偏强,我国多雨区主要位于华北、华南,川渝地区高温少雨。

3.3 整层水汽特征

降水稀少是产生干旱主要原因之一,而水汽和

水汽输送是形成降水的必要条件。通常夏季川渝地区降水的水汽输送是由西南气流与南面过来的越赤道气流汇合沿着阿拉伯海、孟加拉湾、中南半岛经云南、广西上空进入我国,然后继续向北输送至川渝上空,并在合适的大气环流下形成降水。川渝地区夏季典型干旱年整层积分水汽通量显示(图 8a),西南气流水汽输送与常年同期比较明显偏小,而且一部分水汽输送进入我国后继续向北输送至川渝上空,另一部分水汽继续向东输送至南海,和南海水汽汇合后经广东进入我国大陆,然后再继续向北输送至川渝地区上空,在距平图中(图 8b)孟加拉湾到高原东侧有明显的偏北距平水汽输送,形成川渝地区夏季降水偏少,使得川渝地区夏季干旱发展并加强。

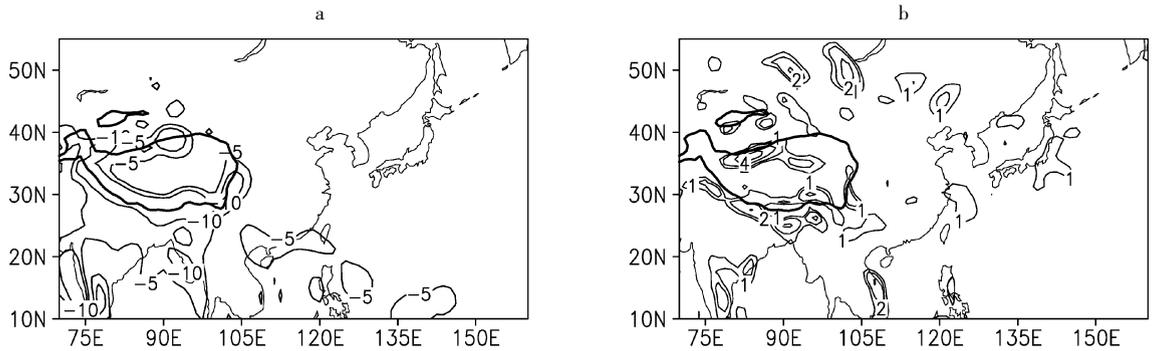


图 7 川渝地区夏季典型干旱年 850 hPa 平均垂直速度(a)及距平(b) (单位: $10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig.7 The average vertical velocity (a) and its anomaly (b) fields at 850 hPa for typical summer drought years in Sichuan-Chongqing region (unit: $10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)

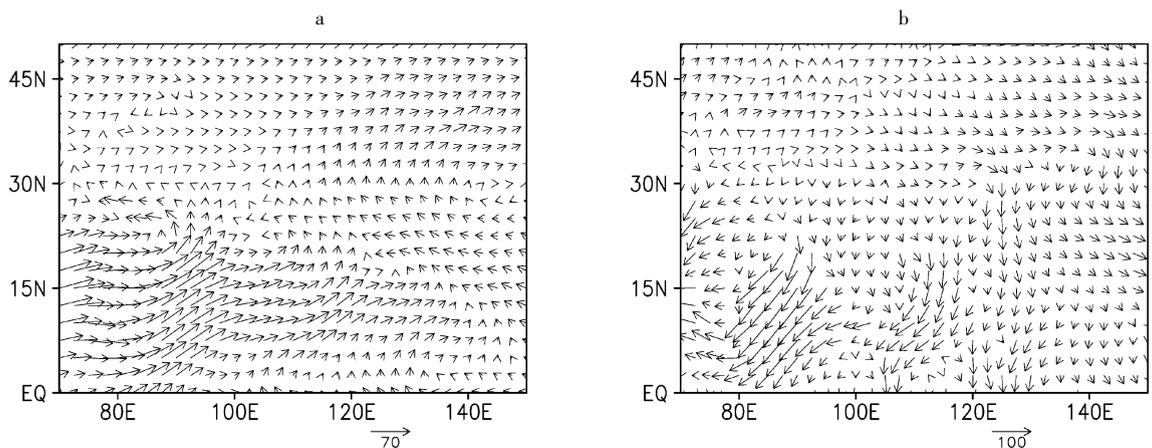


图 8 川渝地区夏季典型干旱年整层水汽通量(a)及距平场(b) (单位: $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig.8 The entire-layer moisture flux vector (a) and its anomaly (b) fields for typical summer drought years in Sichuan-Chongqing region (unit: $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

4 结 论

1) 川渝地区夏季典型干旱年大部地区气温偏高 $1^\circ\text{C} \sim 2^\circ\text{C}$, 降水偏少 40% ~ 60%, 因此该地区夏季典型干旱年具有气温高降水少的气候特征。

2) 东亚中纬度盛行纬向气流, 西风锋区偏北, 冷空气多偏北东移, 川渝地区及其我国北方大部分地区为带状高控制, 是川渝地区夏季典型干旱年大气环流特征。

3) 500 hPa 带状高压与 100 hPa 南亚高压中心位置基本一致, 且 500 hPa 高压中心与温度场的暖中心相对应, 是川渝持续性夏季干旱具有近似正压结构的典型环流。

4) 川渝地区夏季典型干旱年对流层低层从云贵高原到四川盆地的西南气流明显偏小, 风场距平成表明, 云贵高原到川渝地区为东北距平风, 华南地区为明显的气旋距平风场。

5) 川渝地区夏季典型干旱年整层积分水汽通

量显示, 西南气流的水汽输送与常年比较明显偏小, 在距平图中表现为孟加拉湾到高原东侧有明显的偏北距平水汽输送。

参 考 文 献:

- [1] Wilhite D A. Drought as a natural hazard: concepts and definitions [J]. Drought: A global assessment, 2000, (1): 3-18.
- [2] Changnon S A, Roger A, Pielke Jr et al. Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2000, 81(3): 437-442.
- [3] Easterling D R, Evans J L, Groisman P Y, et al. Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2000, 81(3): 417-425.
- [4] Dai A. Drought under global warming: a review [J]. Wiley Interdisciplinary Reviews. Climate Change, 2011, 2(1): 45-65.
- [5] 李新周, 刘晓东, 马柱国. 近百年来全球主要干旱区的干旱化特征分析 [J]. 干旱区研究, 2004, 21(2): 97-103.
- [6] 石 崇, 刘晓东. 1947—2006 年东半球陆地干旱化特征 - 基于 SPEI 数据的分析 [J]. 中国沙漠, 2011, 32(6): 1231-1240.

(下转第 256 页)

参 考 文 献:

- [1] 庞俊杰,勾贺明,宁书臣.我国葡萄机械化埋藤技术及其发展[J].中外葡萄与葡萄酒,2008,(3):32-33.
- [2] 奚佳有.葡萄埋藤机械化技术探讨[J].农业技术与装备,2010,2(9):63-64.
- [3] 蒙贺伟,李进江,坎 杂,等.PM-1200型悬挂式葡萄埋藤机研制[J].农机化研究,2012,2(2):97-100.
- [4] 刘忠军.葡萄埋藤机的设计与研究[D].北京:中国农业机械化科学院,2011:1-9.
- [5] 曾德超.机械土壤动力学[M].北京:高等教育出版社,1995:367-398.
- [6] 张成利,王明国.中耕双翼铲牵引阻力的研究[J].拖拉机与农业机械,1984,(6):20-24.
- [7] 宋言明,王芬娥.新型马铃薯联合收获机的总体设计[J].甘肃农业大学学报,2009,44(1):151-154.
- [8] 哈尔滨工业大学理论力学教研室.理论力学[M].北京:高等教育出版社,2002:174.
- [9] 曹助家.V-平带传动的设计方法[J].石油机械,1991,19(6):31-35.
- [10] 邓振清,林日暖.甘肃省土壤农业水文特性的研究[J].自然资源学报,1989,2(4):137-143.
- [11] 第一拖拉机股份有限公司.东方红 300P 拖拉机使用保养说明书[Z].河南:第一拖拉机股份有限公司,2004:1-40.
- [12] 庞俊杰,宁书臣,李忆萱.MT200-2葡萄埋藤机及作业技术要点[J].现代农业装备,2006,(1):70-71.
- [13] 刘忠军,杨学军,刘立晶,等.葡萄藤越冬埋土机的设计[J].农机化研究,2012,2(2):113-115.
- [14] 陈 魁.试验设计与分析[M].北京:清华大学出版社,1996:399.
- [15] 吴贵生.试验设计与数据处理[M].北京:冶金工业出版社,1997:234.
- [16] 孙步功,龚 俊,辛 舟,等.滴灌用黄河水泥沙分离试验研究[J].农业工程学报,2008,24(8):51-53.
- [17] 中国农业机械化科学研究院.农业机械设计手册[M].北京:中国农业科学技术出版社,1972:329.
- [18] 李宝筏.农业机械学[M].北京:中国农业出版社,2003:134.
- [19] 孙 伟,吴建民,黄晓鹏,等.2BFM-5型山地免耕播种机的设计与试验[J].农业工程学报,2011,27(10):26-31.
- [7] 邹凯旭,张 强.近半个世纪我国干旱变化的初步研究[J].应用气象学报,2008,19(6):679-687.
- [8] 马柱国,华丽娟,任小波,等.中国近代北方极端干湿事件的演变规律[J].地理学报,2003,58(增刊):69-74.
- [9] 贺晋云,张明军,王 鹏,等.近 50 年西南地区极端干旱气候变化特征[J].地理学报,2011,66(9):1179-1190.
- [10] 解明恩,程建刚,范 波.2003 年云南夏季罕见高温干旱的诊断研究[J].气象,2005,31(7):32-37.
- [11] 晏红明,程建刚,郑建萌,等.2009 年云南秋季特大干旱的气候成因分析[J].大气科学学报,35(2):229-239.
- [12] 刘 瑜,赵尔旭,黄 玮,等.2005 年初夏云南严重干旱的诊断分析[J].热带气象学报,2007,23(1):35-40.
- [13] 王秋良,张立凤.2006 年夏季重庆高温伏旱环流特征分析[J].干旱气象,2008,26(1):1-7.
- [14] 刘建刚,谭徐明,万金红,等.2010 年西南特大干旱及典型场次旱灾对比分析[J].中国水利,2011,(9):17-19.
- [15] 李永华,卢楚翰,徐海明,等.热带太平洋-印度洋海表温度变化及其对西南地区东部夏季旱涝的影响[J].热带气象学报,2012,28(2):145-156.
- [16] Lu E, Luo YL, Zhang RH, et al. Regional atmospheric anomalies responsible for the 2009-2010 severe drought in China[J]. Journal of Geophysical Research - Atmospheres, 2011, 116, doi: 10.1029/2011JD015706.
- [17] 熊光洁,王式功,尚可政,等.中国西南地区近 50 年夏季降水的气候特征[J].兰州大学学报(自然科学版),2012,48(4):45-52.
- [18] New M, Lister D, Hulme M, et al. A high-resolution data set of surface climate over global land areas[J]. Climate Research, 2002,21:1-25.
- [19] Onogi K. The JRA-25 Reanalysis[J]. Journal of the Meteorological Society of Japan, 2007,85(3):369-432.
- [20] McKeen T B, Doesken N J, Kleist J. Drought monitoring with multiple time scales[C]//Proceeding of the Ninth Conference on Applied Climatology. Boston: Amer. Meteor. Soc., 1995:233-236.
- [21] Wu H, Svoboda MD, Hayes MJ, et al. Appropriate application of the standardized precipitation index in arid locations and dry seasons[J]. International Journal of Climatology, 2007,27:65-79.
- [22] Husak G J, Michaelsen J, Funk C. Use of the gamma distribution to represent monthly rainfall in Africa for drought monitoring applications[J]. International Journal of Climatology, 2007,27(7):935-944.
- [23] Thom H. C. S. Some methods of climatological analysis[M]. Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization, 1966:53.
- [24] 中国气象局政策法规司.气象标准汇编[M].北京:气象出版社,2007:33-64.
- [25] 鞠笑生,杨贤为,陈丽娟,等.我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究[J].应用气象学报,1997,8(1):26-32.
- [26] 张存杰,王宝灵,刘德祥,等.西北地区旱涝指标的研究[J].高原气象,1998,17(4):381-386,48-56.
- [27] 方建刚,白爱娟.陕西春季干旱与多雨的环流特征对比分析[J].干旱区地理,2010,33(3):363-368.

(上接第 244 页)