

用历史资料揭示夏日降水特征

陈铁², 曹乃和, 汤建国, 张鹏, 凌和慧

(1. 南京大学大气科学系, 江苏南京 210093; 2. 江苏省南通市气象局, 江苏南通 226006)

摘要 应用统计和检验的方法研究江苏省通州市2004~2007年有降水日和无降水日2种条件下, 不同季节的日照时数、蒸发量和天文可照时数等要素的综合表现特征。

关键词 分析检验; 降水; 日照; 蒸发; 特征

中图分类号 S161.6 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)05-02084-02

Characteristics Revelation of the Precipitation in Summer by Using Historical Data

CHEN Tie et al (Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093)

Abstract By using the statistical and test methods, the integrated performance characteristics of essentials such as sunshine hours, evaporation and astronomical possible sunshine hours in different seasons in Tongzhou City of Jiangsu Province from 2004 to 2007 were studied under two conditions of precipitation days and no-precipitation days.

Key words Analysis test; Precipitation; Sunshine; Evaporation; Characteristics

夏季(6~8月)是长江中下游地区的主汛期^[1],也是该地区农业上夏收夏种的重要时段。准确的天气预报对于农业及其他行业有着较强的决策参考意义。然而进入夏季后,公众却抱怨天气预报“不准了”,而查看预报评分与历史同期相比却并没有明显变化。笔者通过近几年的历史资料,研究分析夏季降水日与其他季节降水日当天在日照、蒸发等方面的表现特征,以期能揭示其中的原因,从而提高预报服务效果。

1 资料的选取与处理^[2-3]

笔者从历史资料中(2004~2007年,通州站)选取了有降水日和无降水日2种条件下,不同季节下的日照时数、蒸发能力(蒸发量)和天文可照时数作为主要的研究对象。

设A为有降水,A为无降水; B_1 为春(3~5月), B_2 为夏(6~8月), B_3 为秋(9~11月), B_4 为冬(12~2月);日照为 S_2 ;蒸发能力为 L_0 ;天文可照时数为 T_{ws} ;降水为 R_6 ;有降水日数为 N ;无降水日数为 N_0 。

设季节累计降水量为 RR ,季节降水日平均降水量为 rr ,则有:

$$RR(i) = R_6(i) \quad (i = B_1 \text{ or } B_2 \text{ or } B_3 \text{ or } B_4)$$

$$\overline{rr}(i) = RR_i / N(i)$$

设有降水日日照为 S_r ,无降水日日照为 S_0 ,则有:

$$S_r(i) = S_2(i) \mid A(i = B_1 \text{ or } B_2 \text{ or } B_3 \text{ or } B_4)$$

$$S_0(i) = S_2(i) \mid A(i = B_1 \text{ or } B_2 \text{ or } B_3 \text{ or } B_4)$$

$$\overline{S_r}(i) = S_r(i) / N(i), \overline{S_0} = S_0(i) / N_0(i)$$

设有降水日蒸发为 L_r ,无降水日蒸发为 L_0 ,则有:

$$L_r(i) = L_0(i) \mid A(i = B_1 \text{ or } B_2 \text{ or } B_3 \text{ or } B_4)$$

$$L_0(i) = L_0(i) \mid A(i = B_1 \text{ or } B_2 \text{ or } B_3 \text{ or } B_4)$$

$$\overline{L_r}(i) = L_r(i) / N(i), \overline{L_0} = L_0(i) / N_0(i)$$

设有降水日天文可照时数为 S_t ,无降水日天文可照时数为 S_0 ,则有:

$$S_t(i) = T_{ws}(i) \mid A(i = B_1 \text{ or } B_2 \text{ or } B_3 \text{ or } B_4)$$

$$S_0(i) = T_{ws}(i) \mid A(i = B_1 \text{ or } B_2 \text{ or } B_3 \text{ or } B_4)$$

$$\overline{S_t}(i) = S_t(i) / N(i), \overline{S_0}(i) = S_0(i) / N_0(i)$$

天文可照时数计算公式^[4]为:

$$\sin \frac{1}{2} t = \frac{\sin(45 - \frac{\phi - \gamma}{2}) \sin(45 + \frac{\phi + \gamma}{2})}{\cos \phi \cos \gamma}$$

式中, r 为太阳光线受空气曲折而产生的平折射度,即所谓蒙气差; ϕ 为当地纬度($^\circ$)。依上式即求得太阳时角 t ,除以15,即由度数化为小时,再乘以2,即得一日中自日出至日没的天文可照时间。该式中取 $r = 0.57^\circ$,采用格林威治(Greenwich)正午的太阳赤纬($^\circ$)。赤纬又称太阳倾角,是太阳直射点纬度(太阳光线与赤道平面夹角),春、秋分为 0° ,夏、冬至约为 $\pm 23.5^\circ$ 。赤纬 $23.5 \sin N^\circ$, N 为距春、秋分最近的天数(间取正)。

2 降水日有无日照天数不同季节差异的卡方检验

使用2004~2007年通州市气象观测站观测到的降水日分季节有无日照天数见表1。对4个季节降水日有无日照的天数之间有无差异,采用行 \times 列资料的卡方检验^[2,5-6]。

设 H_0 为多个总体率相同, H_1 为多个总体率不同。

$$\chi^2 = \frac{(O - T)^2}{T}$$

式中, O 、 T 分别为行 \times 列资料的观测频数与理论频数。自由度 $v = (R - 1)(C - 1)$ 。

表1 4个季节降水日有日照与降水日无日照天数

Table 1 The number of precipitation days with sunshine and precipitation days without sunshine in four seasons

季节 Season	降水日有日照天数 Number of precipitation days with sunshine	降水日无日照天数 Number of precipitation days without sunshine
春 Spring	81	69
夏 Summer	128	63
秋 Autumn	59	72
冬 Winter	42	105

4个季节降水日有日照与降水日无日照天数见表1,计算得到, $\chi^2 = 119.13$, $v = 3$, $P = 1.2e - 25 < 0.05$,表明结果有统计学意义。因此可以认为,降水日有日照和无日照的天数在不同季节有差异。分别对夏春、夏秋和夏冬进行卡方检验, χ^2 和 P 值分别为:5.999、15.415、49.110与0.0143、8.630E-5、2.420E-12。 P 值都小于0.05。可见,夏季降水日有

无日照的天数与其他季节都有很大差异。

3 不同季节降水日的日照均数差异的单因素方差分析检验
设在检验水平 α 下, H_0 为多个总体均数相同, H_1 为多个总均数不同。

$$SS_T = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x})^2$$

SS_T 反映了全部试验数据之间的差异, 可以分解为:

$$SS_T = SS_E + SS_A$$

$$SS_E = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_{.j})^2$$

$$SS_A = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{x}_{.j} - \bar{x})^2 = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{x}_{.j} - \bar{x})^2 \text{ 则 } F = SS_A / (k -$$

$1) / SS_E / (n - k) = \frac{MS_A}{MS_E} \sim F(k - 1, n - k)$ 是完全随机设计的方差分析所需的服从 F 分布的检验统计量。该检验的拒绝域为: $F > F_{\alpha}(k - 1, n - k)^{[2, 5-6]}$ 。

降水日有日照的日照均数差异见表2。通过计算, 得 $F = 3.90, P = 0.0093 < 0.05$, 所以拒绝 H_0 , 接受 H_1 ; 认为不同季节有日照的降水日、日照时数均数的差异有统计学意义。

从表2 还可见, 在降水日且有日照的情况下, 平均日照

数最大的为春季, 达5.77 h, 比夏季的5.33 h 还多0.44 h。但这样的情况下, 春季样本只有81 d, 占春天有降水日的54%, 比夏季的67% 少了13%。

表2 4 个季节降水日有日照的日照均数差异

Table 2 The difference of meansunshine durationin precipitation days with sunshine in four seasons

季节	观测数 d	求和	平均 h	方差
Season	Observation number	Sum	Mean	Variance
夏 Summer	128	682.6	5.33	9.47
春 Spring	81	467.4	5.77	11.02
秋 Autumn	59	248.3	4.21	9.81
冬 Winter	42	185.4	4.41	5.35

4 统计分析

由表3 可见, 夏季降水日平均降水量最大, 是日平均降水量最少的冬季的1.89 倍。降水日有日照的夏季占128/191, 约67%, 为最高; 冬季仅为29%, 为最少。夏季降水日, 仍平均有3.6 h 的日照时间, 是无降水时平均日照时间的41%, 为最高; 而同比冬季只有19.8%。

表3 4 个季节降水、日照和蒸发的统计值

Table 3 The statistical value of precipitation, sunshine and evaporation in four seasons

季节	降水日数	降水日有日照天数	无降水日数	降水日平均降水量	降水日平均日照数	降水日平均天文可照时数	降水日平均蒸发能力	无降水日平均日照数	无降水日平均天文可照时数	无降水日平均蒸发能力
Season	N Precipitation days	Number of precipitation days with sunshine	Number of no-precipitation days	Average precipitation of precipitation days mm	Average sunshine duration in precipitation days h	Average duration of possible astronomical sunshine in precipitation days h	Average evaporation capability of precipitation days mm	Average sunshine duration of no-precipitation days h	Average duration of possible astronomical sunshine in no-precipitation days h	Average evaporation capability of no-precipitation days mm
春 Spring	150	81	218	4.5	3.1	12.94	3.3	8.3	12.86	6.1
夏 Summer	191	128	177	8.3	3.6	13.84	5.1	8.8	13.84	8.6
秋 Autumn	131	59	233	6.1	1.9	11.56	2.7	7.1	11.27	4.6
冬 Winter	147	42	214	4.4	1.3	10.45	1.0	6.4	10.38	2.1

对四季降水日的平均日照时间与平均蒸发能力作相关分析^[2, 7], 发现相关程度高达0.937。可见, 降水日蒸发能力随日照时间的增加而增强。

没有降水时, 夏季平均日照时间为8.8 h, 为最大, 冬季为6.4 h, 为最小。但与各自平均天文可照时间比较, 夏季减少最多, 为5.0 h, 冬季减小最少, 为4.0 h。可见, 虽然夏天的天文可照时间较长, 但同时夏天的云系遮挡对日照时间的影响最大, 冬季最小。

假设城市公路排水状况较好, 下雨后, 降水能较好地排泄, 无明显积水。假设冬季降水后约6.0 h, 道路基本能干。由表3 数据可以大致推算得出, 夏天只要约1.2 h 道路就可以干。

夏季降水日, 平均降水系统影响时间为5.2 h。对2008 年夏天人工观测记录的重要天气现象“降水”的每日累计时间进行分析对比, 平均值约3.7 h, 标准误差约33 min。偏度约1.20, 峰度约0.24。95% 置信区间为(154 min, 228 min)。大部分(76.74%) 每日降水累计时间不超过3.0 h, 见图1。

假设降水系统影响到的日照时间可分为: 降水前后云系影响时间和降水时间^[1]。如果降水时间为3.7 h, 则降水前后云系影响时间为1.5 h, 约占降水系统影响时间的29%。如此

看来, 从降水到公路干总共只需要约5 h。与夏季平均天文可照时间13.84 h 相比, 只是其较小一部分, 约占36%。

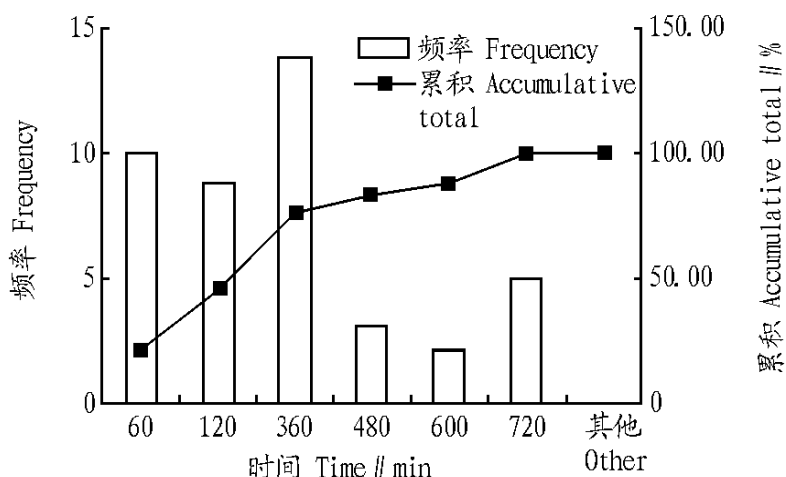


图1 2008 年夏天日累计降水时长

Fig.1 The daily accumulative precipitation duration in summer of 2008

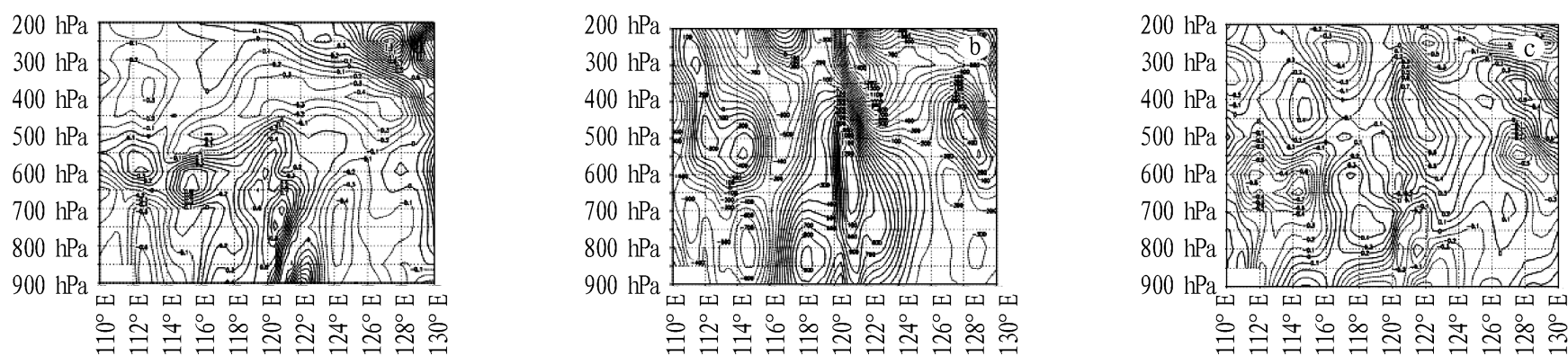
5 结论

综合以上分析大致可知: 夏季67% 的雨天仍可见到小半天(41%) 的阳光。有降水日的平均降水量是冬季的1.89 倍。日照时间长短与蒸发能力相关程度较高, 超过0.9。

夏季日照时间最长, 与天文可照时长比较减少最多。排水良好条件下, 如冬天6.0 h 路干, 则夏天只需约1.2 h。夏

个 38 kg/m^2 的中心(图 7b), 当时盱眙站出现了龙卷和冰雹天气。另一个中心值为 68 dBz 强回波核, 位于金湖和天长之间, 对应于这个中心, 速度图上有一对紧邻的正负中心, 呈气

旋性切变, 构成了中气旋, 此中气旋伸展到 5 km 以上, 持续时间在半小时以上。垂直积分液态含水量图中, 这里是一个 58 kg/m^2 的中心, 应该说这里也会发生强对流天气, 但由

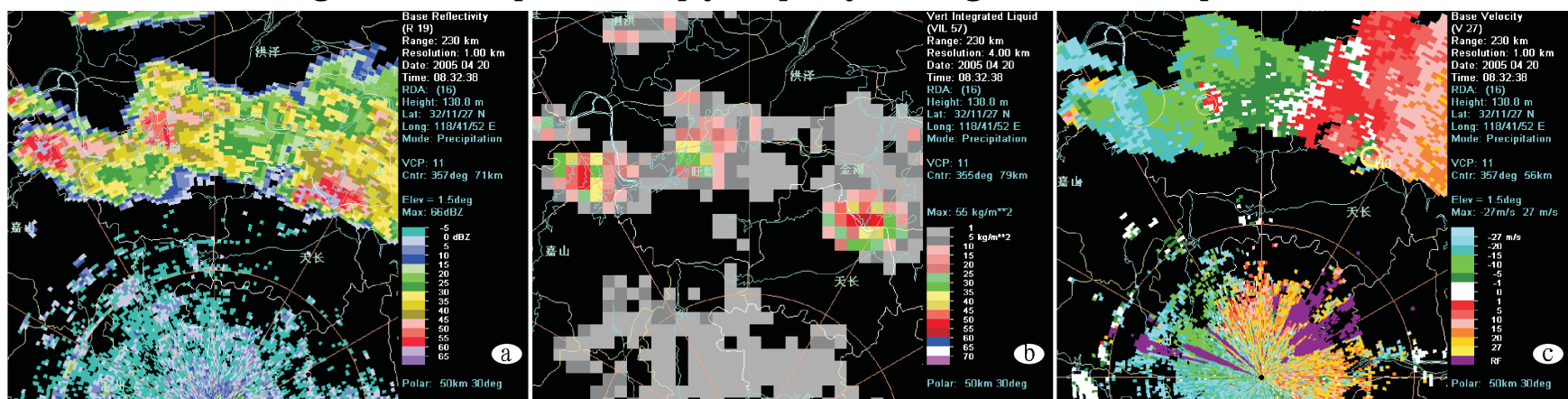


注:a 为涡度场;b 为垂直速度场;c 为散度场。

Note : a, Vorticity field ; b, Vertical velocity field ; c, Divergence field .

图6 4月20日17:00, 沿 32.8° 作的各物理量场的垂直剖面

Fig.6 The vertical profile of each physical quantity field along 32.8° at 17:00 of April 20th



注:a 为 1.5° 基本反射率图;b 为垂直积分液态含水量;c 为 1.5° 基本速度图。

Note : a, 1.5° basic reflectivity chart ; b, Vertical integration liquid water content ; c, 1.5° basic velocity chart .

图7 4月20日16:32 多普勒天气雷达产品

Fig.7 Doppler weather radar products at 16:32 of April 20th

于附近没有台站, 因此没有实况对应。

7 结论

(1) 850 hPa 上的暖平流使低层增温, 500 hPa 上伴有冷平流, 这种温度平流随高度的分布使江苏地区上下层温差加大, 从而导致这一地区大气对流不稳定, 而地面冷锋则是强对流天气产生的触发系统。

(2) 多普勒天气雷达基本反射率图上, 是一条呈准东西向分布的对流回波带, 在这条对流回波带上存在着小尺度的扰动, 对流回波带的形成与低层 850 hPa 的中尺度辐合线的发展有关。

(3) 对流云带内部的动力场结构特征为: 涡度场中, 500 hPa 以下为正涡度, 以上转为负涡度, 正涡度区基本上是垂直

向上发展的; 散度场中, 低层为辐合, 但辐合强度较弱, 且辐合区不够深厚, 700 hPa 以上就基本转为辐散; 垂直速度场中, 中低层均为上升运动区, 上升运动中心位于 700 hPa 与 500 hPa 之间, 且上升区比较深厚, 伸展至 350 hPa 。

(4) 强天气发生时, 对应于强回波中心, 出现了较强的垂直液态积分含水量中心, 在基本速度场中出现了中气旋和逆风区。

参考文献

- [1] 夏文梅, 张亚萍, 汤达章, 等. 暴雨多普勒天气雷达资料的分析[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(6): 787-794.
- [2] 伍志方, 叶爱芬, 胡胜, 等. 中小尺度天气系统的多普勒特征统计[J]. 热带气象学报, 2004, 20(4): 391-400.
- [3] 阎凤霞, 寿绍文, 张艳玲, 等. 一次江淮暴雨过程中干空气侵入的诊断分析[J]. 南京气象学院学报, 2005, 28(1): 118-124.

参考文献

- [1] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 1992.
- [2] 马开玉. 气候统计原理与方法[M]. 北京: 气象出版社, 1993.
- [3] 缪启龙, 刘雅芳, 周锁栓. 气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1995.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 21986-2008 农业气候影响评价: 农作物气候年型划分方法, 附录4[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [5] 周德才, 刘亦鸣. 计算机随机模拟原理、方法及计算程序[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1998.
- [6] 郭瑞, 吴钦春. 中文版Excel 2003 函数与图表分析应用案例[M]. 上海: 上海科学普及出版社, 2005.
- [7] 郭秀花, 张梦霞. Excel 2003 在市场营销中的应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

(上接第2085页)

天降水前后云系影响无日照时间约占整个降水系统影响时间的29%。夏天从降水开始到路干所耗时间约占天文可照时长的36%。

有资料显示, 夏季多阵雨或雷雨且降水分布不均匀, 加上以上分析的种种特征与其他季节相比有着明显的不同, 公众抱怨的奥秘应该就隐藏在这里。由此来看, 夏季制作预报和应用预报忌“统”(24 h 一种天气)宜“转”(由一种天气转为另一种天气), 并需要描述好或了解“转”的大致时间。