

四川盆地干旱动态评估指标的研究

田 宏 徐崇浩 彭 骏 陈文秀

(四川省气候中心, 成都 610072)

提 要

在仔细分析干旱灾害物理成因基础上, 围绕定量化和实时化这一核心, 根据土壤水分盈亏原理, 建立了具有清晰的物理意义的干旱动态评估指标。经检验, 该方法符合实际, 简便可行。

关键词: 干旱指标 动态评估 四川盆地

引 言

干旱作为全球性气象灾害, 在国内外得到了广泛研究。仅气象学干旱指标分析方法就有: 基于经验分析的时段法; 基于降水量变化的 Z 指数法、BM 干旱指标; 基于水分平衡理论的帕尔默干旱指标等^[1~3]。但目前国内能利用现有气象资料在较大范围(如省域)对干旱的发生、发展进行实时的、量化的动态评估方法却不多见。

本文旨在根据土壤水分盈亏原理, 结合土壤蒸发三阶段理论^[4], 建立物理意义明确符合实际简便可行的干旱动态评估指标。

1 四川省现行干旱评估指标分析

1.1 时段强度法

四川省自 60 年代以来对干旱的分析一直沿用时段强度法。该法以不同时期一定时段内的降水量作为干旱判据。如规定从 3 月 1 日至 4 月 30 日, 其中任意连续 30 天的总降水量小于 20mm 为一次春旱^[5]。显然, 上述规定并未对干旱形成的物理机制加以分析, 仅根据统计经验给出了干旱指标。该法对于干旱发生与否的判定极为简单明确, 能在一定程度上揭示干旱的发生规律, 但未能给出干旱强度的量化评估标准。此外, 该规定作为整个四川盆地统一的标准其不足也是显而易

见的: 未考虑从南到北不同地理位置的差异, 未考虑干旱发生期前的土壤湿度状况, 未考虑不同时段解除土壤干旱所需水量的不同。

1.2 黄文等水分平衡法

四川省黄文等在 1987 年以农田蒸发力作为作物需水量指标, 降水量作为土壤水分供给, 确定了旬水分平衡基础上的干旱指标^[6]。该法具有一定的物理意义, 考虑因子较多, 能对干旱进行定量评估。但以农田蒸发力与降水量的比值为基础建立的干旱指标, 属于干旱气候分析范畴。尽管在实际应用中具有一定效果, 但该法更适于气候区划的分析。此外, 该法以旬为计算单位, 即假定降水量对后期的影响可达 9 天, 这显然是不合适的, 因为在夏季, 对于粘性土壤, 即使大量降水使土壤充分湿润, 六七天后也将发生缺水(即实际蒸发小于蒸发力); 而对于已发生的干旱, 后期的降水虽可缓解或解除旱情, 却不能否定前期土壤缺水状态的存在。在干旱指数计算中还有一些主观规定具有不确定性(如递加权重、分级递加权重的规定); 该法中彭曼蒸发力计算涉及因子较多, 不适于大范围的实时应用。

2 干旱动态评估指标研究的思想及方法

2.1 基本思想

干旱是四川盆地发生频率高、影响范围广、危害程度大的一种气象灾害,对其进行及时的动态评估对抗旱减灾具有极其重要的意义。因此,定量化和实时化是评估指标研究的核心问题。

根据发生的原因,农业干旱可分为土壤干旱、大气干旱和生理干旱^[7]。事实上,生理干旱受土壤环境影响,局地性很强,在大范围的干旱评估中可不予考虑。大气干旱在一定程度上可视为一种高温危害。因此,最值得重视的是土壤干旱。土壤干旱的发生是由于土壤含水量少,植物根系难以从土壤中吸取足够的水分去补充蒸腾的消耗,导致植株体内水分收支失衡,影响其正常生长发育,造成危害。由此可见,土壤水分含量的变化是土壤干旱发生与否的关键。

2.2 干旱动态评估指标

2.2.1 干旱动态评估指标的定义

一定时段内,土壤水分的供给主要是降水量(P),土壤水分的损失主要是实际蒸发(E)。假设降水量为土壤完全吸收,则两者的比值可反映土壤润湿程度,我们称之为土壤润湿系数 I_{sm} ,有:

$$I_{sm} = \sum P / \sum E \quad (1)$$

式中 $\sum$ 表示阶段内求和。相应地,我们令干旱临界状态的土壤润湿系数为 I_{sm0} 。

假定初始时土壤充分湿润, $I_{sm} > I_{sm0}$ 。经过一段时间土壤水分供应跟不上水分损失, I_{sm} 变小,一旦 $I_{sm} < I_{sm0}$,则表示旱情发生并持续。只有当有降水补充土壤水分并使 $I_{sm} > I_{sm0}$ 时,旱情结束。干旱指数 I_d 则以旱期内 (I_{sm} 由小于 I_{sm0} 增加至大于 I_{sm0} 的时段) 水分亏缺程度的和表示,即:

$$I_d = \sum (I_{sm0} - I_{sm}) \quad \text{当 } I_{sm} < I_{sm0} \quad (2)$$

在此, I_d 的定义既考虑了土壤水分亏缺程度,也考虑了连旱日数长短对干旱强度的影响。

2.2.2 实际蒸发(E)的确定

土壤实际蒸发的计算是相当困难的,但我们知道,土壤充分湿润时,实际蒸发的变化服从蒸发三阶段理论,即第一阶段实际蒸发等于蒸发力,第二阶段实际蒸发线性衰减,第三阶段实际蒸发缓慢减小(可近似认为不变)。对于粘性土(四川盆地区基本为粘性土壤),第一阶段约持续6天;第二阶段约持续5天,第二阶段末,实际蒸发只相当于蒸发力的21%^[8]。我们令实际蒸发:

$$E = K_m E_0 \quad (3)$$

式中 K_m 为比例系数, E_0 为蒸发力。

考虑到动态评估的要求,采用哈格里韦斯(Hargreaves, 1977)的计算方法计算。试验结果表明,该方法反映了主要物理因子对蒸发力的影响,能满足实际应用的需要。

$$E_0 = 0.0075Q(9T/5 + 32) \quad (4)$$

式中 Q 为日太阳辐射总量, T 为日平均温度。由于 Q 值不易获取,我们用理想大气的太阳辐射 Q_0 替代 Q ,这一做法意即在盆地区未考虑日照百分率和地面水汽压的差异。

Q_0 是气压、地理纬度、时间的函数。事实上,气压变化(地面气压 1000~900hPa)引起的月辐射总量差不足1%,纬度差(四川盆地内 33~28°N)引起的月辐射总量差可达月总量的15%,时间变化引起的差异可高达100%以上。因此,对理想大气月辐射总量可略去气压变化导致的差异,只考虑纬度与时间的影响。利用月总量值,可逐月线性内插得到理想大气每日总量值。

2.2.3 K_m 的参数化

根据王建平的研究结果^[8],对粘性土壤,考虑土壤充分润湿且无水分补充情况下, K_m 随时间变化如下:

$$K_m = \begin{cases} 1 & n \leq 6 \\ 1 - 0.158(n - 6) & 6 < n \leq 11 \\ 0.21 & n > 11 \end{cases} \quad (5)$$

式中 n 为某日距初始土壤充分湿润时的日期

间隔,由于评估期内不断有降水补充土壤水分损失, n 需要重新订正。江西陆叔鸣等认为,在江西伏秋旱考察期内,日雨量5~24mm,可保证在3天之内无旱情,意即5mm以上降水可满足3天蒸发需求。据此,我们将 n 修正为本日距反推前期降水量累积达5mm的日期间隔,此修正相当于将该累积降水量叠加至前期上,以使土壤充分湿润。根据考察期的不同,可对累积降水量的要求略作调整。

2.2.4 有效降水与无效降水的处理

干旱考察期内,经常会出现大量降水(如暴雨等),如将其全部纳入土壤润湿系数的计算,即将全部降水视为被土壤吸收,这显然是不合理的。因此假定:大量降水出现时,其中一部分首先渗入土壤,满足土壤持水的水分需求,使土壤充分润湿,达到饱和状态,这部分即为有效降水(P_e);余下的部分将作为径流流失,该部分即为无效降水(P_n)

假定大量降水前,土壤润湿系数为 I_A ,

$$I_A = \sum^A P / \sum^A E \quad (6)$$

式中 $\sum^A$ 表示求和至 A 日。大量降水发生后,其土壤润湿系数为 I_B 。

$$I_B = X_B / \sum^B E \quad (7)$$

式中 $X_B \neq \sum^A P + P_B$, P_B 为 B 日发生的大量降水。根据蒸发三阶段理论,在无降水补充土壤水分情况下,经6天蒸发, I_B 应减小到临界值 I_{sm0} 有:

$$I_{sm0} = X_B / (\sum^B E + 6E_0) \quad (8)$$

式中 $6E_0$ 为6天蒸发量。于是,得出:

$$X_B = I_{sm0} (\sum^B E + 6E_0) \quad (9)$$

$$\text{从而: } P_e = X_B - \sum^A P \quad (10)$$

$$P_n = P_B - P_e \quad (11)$$

在此,可将有效降水与无效降水概念推广:某日降水不论量的多少,只要满足土壤持

水的水分需求,使土壤持水饱和的部分就是有效降水,其余部分将成为径流,即为无效降水。该处理方法中,无效降水在一定程度上可作为判别洪涝的一种指标。

3 计算结果分析

为便于比较,我们结合时段强度法的判别原理,作如下规定:3~4月春旱考察期内,如连旱日数($I_{sm} < I_{sm0}$)达24天及以上者为一次春旱;5~6月夏旱考察期内,如连旱日数达14天及以上者为一次夏旱;对于跨界连旱,夏旱连旱日数修订为10天以上。我们选择春夏旱发生频率较高的绵阳为代表站,对1961~1990年的干旱进行了计算,表1是其中1970~1982年的计算结果。

3.1 对干旱初终期的分析

比较动态法与时段法、水分平衡法的结果知,3种方法对春旱的分析吻合程度较好,如1964、1967、1973、1975、1987年6年春旱期的确定3种方法基本相同。但对于夏旱则差别较大,仅1976、1982、1986年3年基本一致。那么,早期确定不一致的原因何在?以1971年为例,动态法计算结果如图1。对于夏

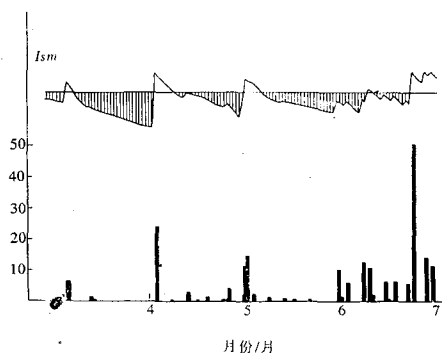


图1 绵阳1971年干旱图解

旱,水分平衡法早期确定为5月10日~6月9日,时段强度法确定为5月2日~6月7日。事实上,该年5月1日有11.7mm的降水,5月2日有15.0mm的降水。此时土壤润湿系数显示,土壤水分近于饱和,干旱起始定于5月2日

或5月3日均是不合适的,这显然是未考虑前期土壤润湿状况的结果。对于春旱,时段强度法和水分平衡法均定为3月1日~4月2日,而动态法的计算表明,3月6~8日的降水降温过程中断了前期旱情(3月6日降水为6.5mm,3

日平均温度 8.1°C ,较前期降低 3°C),故该年春旱起始期推迟至3月9日。这表明,以旬或月为判别时间尺度的水分平衡法和时段强度法不能及时反映土壤润湿状况的变化,也就不能准确给出干旱的实际发生期。

表1 绵阳1970~1982年干旱分析

年份	春旱			夏旱		
	早期	天数	指数 强度	早期	天数	指数 强度
1970				5月14日~6月30日	48	1.210 大旱
1971	3月9日~4月2日	25	0.548 小旱	5月8日~6月9日	33	0.338 小旱
1972	3月1~31日	31	0.529 小旱			
1973	3月1日~4月2日	33	0.545 小旱			
1974				5月1日~6月28日	59	1.830 大旱
1975	3月5日~4月30日	54	1.646 大旱	5月23日~6月20日	29	0.446 中旱
1976	3月25日~4月30日	37	0.822 中旱	5月1日~6月29日	29	1.615 大旱
1977	3月1日~4月30日	61	1.510 大旱	5月1日~6月30日	61	2.321 特旱
1978	4月4~30日	27	0.599 小旱	5月1日~6月30日	61	2.321 特旱
1979	3月23日~4月30日	39	0.857 中旱	5月1日~31日	31	1.272 大旱
				6月6~30日	25	0.450 中旱
1980	3月9日~4月23日	46	1.328 大旱			
1981	3月18日~4月30日	4	1.194 中旱			
1982	3月1日~4月30日	61	2.099 特旱	5月1~30日	30	2.480 特旱

图2是动态法分析的绵阳1979年旱情。依时段强度法,该年春旱为3月2日~4月29日,夏旱为5月1~31日。因考察时段内降水总量的限制,春旱结束于4月30日。实际上,4月30日降水只有5.2mm,该降水对于前期长时间的干旱显然不具“解除”意义。

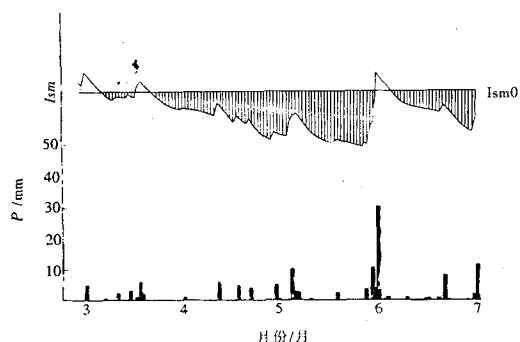


图2 绵阳1979年干旱图解

据水分平衡法,春旱为3月24日~5月4日,夏旱为5月11~31日和6月10日~7月2日。该法分析认为,5月5~8日的降水

过程中止了前期干旱。而动态法的计算结果表明前期干旱已相当严重(春旱为中等强度,并在持续),该降水过程(5月5日降水10.3mm,4天总量为16.3mm)对旱情虽有缓解但并不足以解除旱情。由此可见,对于长期干旱旱情的解除,动态法更为严格。另外,时段强度法也认为某些时段较严重的夏伏旱的解除需要一场大雨(降水量大于25mm)。

3.2 干旱强度等级的划分

在实际计算中,我们并未针对不同干旱考察期进行单独计算,因此保证了干旱的连续性不被人为中断。如图3所示为1982年春夏连旱。

但就干旱强度等级的划分,我们认为有必要严格区分春夏旱。不同的干旱考察期,作物需水量不同,因而同样的土壤缺水程度对作物的影响也不同。就时段强度法标准,根据高国栋计算的蒸发力^[9],我们估算出,其阶段内降水需求,对春旱而言约为阶段蒸发力的40%,而夏伏旱的降水需求约为蒸发力的

60%。如低于上述需求量,即认为该阶段发生干旱。结合实际,我们按表2标准划分干旱强度等级。

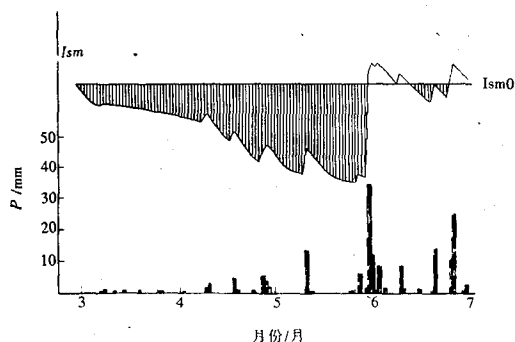


图3

表2 干旱强度划分标准

强度等级	春旱指数	夏旱指数
小旱	$I_d \leq 0.6$	≤ 0.4
中旱	$0.6 < I_d \leq 1.2$	$0.4 < I_d \leq 0.8$
大旱	$1.2 < I_d \leq 2.0$	$0.8 < I_d \leq 2.0$
特旱	$I_d > 2.0$	$I_d > 2.0$

对于春夏连旱,水分平衡法以干旱结束时的指数为夏旱指数,其目的是为了考虑春季干旱对后期的影响。而动态法中前期干旱的影响已体现在初始时的土壤润湿系数之中,故我们严格分段计算春夏旱的指数。

4 小结

4.1 建立在土壤水分盈亏理论基础上的干旱动态评估指标,具有清晰明确的物理意义,解决了干旱评估中的量化问题,能对旱情

进行客观的评估。

4.2 动态评估法中只涉及当前资料,逐日计算,满足了实时化的要求,能对旱情的发生、发展及结束给出及时的判别与分析,将较大程度提高为抗灾减灾服务的时效性。

4.3 动态评估法考虑了降水、温度、地理纬度、季节等主要因子对干旱的影响,使干旱的评估不仅具有时间上的可比性,还具有空间上的可比性。

4.4 受实时要求的限制,对部分因子(如湿度、日照百分率等)未加以考虑,这有待于进一步的研究、分析和完善。

参考文献

- 1 陆叔鸣. 江西省伏、秋旱时空分布特征及其预测. 气象, 1992, 18(5): 26~31.
- 2 沈金妹等. 对“BM”方法的修正及其在江苏省旱涝分析上的应用. 气象, 1991, 17(11): 8~13.
- 3 郑斯中等. 气候影响评价. 北京: 气象出版社, 1989.
- 4 潘守文. 小气候考察的理论基础及应用. 北京: 气象出版社, 1989.
- 5 四川省气象局资料室. 四川盆地灾害性天气气候图集. 1981.
- 6 四川省气象局应用气候所. 四川盆地干旱的图集和资料. 1988.
- 7 张养才等. 中国农业气象灾害概论. 北京: 气象出版社, 1991.
- 8 王建平、付抱璞. 土壤-大气系统中蒸发过程数值模拟. 气象学报, 1992, 50(3): 327~333.
- 9 高国栋等. 中国地表面辐射平衡与热量平衡. 北京: 科学出版社, 1982.

A study on the consecutive estimation index of drought in Sichuan Basin

Tian Hong Xu Chonghao Peng Jun Chen Wenxiu

(Climate Center of Sichuan Province, Chengdu 610072)

Abstract

Based on the analysis about the physical mechanism of drought, a consecutive estimation index of drought has been founded according to the theory of soil water variation. The results show that this method is not only simple for use but also can meet the needs of quantification and real-time.

Key Words: drought index consecutive estimation Sichuan basin