

文章编号: 1000-5471(2008)05-0099-05

春旱强度等级划分及概率的空间分布研究^①

柏 建

四川省农业气象中心, 成都 610071

摘要: 使用四川省盆地 102 个气象站 1952—2006 年的逐日气象要素资料, 在统计各站历年春旱时段、构建干旱强度指数并划分春旱强度等级的基础上, 分析了盆地区春旱强度指数的分布规律, 计算了春旱不同等级的发生概率, 绘制了四川省盆地春旱强度等级的概率空间分布图。其结果可为气象致灾程度的准确评估提供客观、定量的依据, 对四川省盆地抗旱减灾对策的制定具有一定的指导意义。

关键词: 四川省; 盆地; 春旱; 强度等级; 概率分布

中图分类号: S162

文献标识码: A

四川省盆地是四川省的主要农业种植区, 气象灾害种类多, 农业遭灾的损失大。在各种主要气象灾害中, 干旱危害面最广、持续时间最长、出现机率最大, 对农业生产的危害最重^[1]。春旱是盆地区小春粮油生产的主要限制因子, 也是造成大春粮、经作物播种出苗不利, 导致季节推迟和减产欠收的重要原因之一。

农业干旱虽然是气象、地形、作物种类和人类活动等众多因素综合作用的产物, 但天气条件造成的降水持续偏少和农田蒸散加大, 是最基本、最直接的原因^[2]。林海滨等^[3]将农业干旱分成孕灾环境、致灾因子和承灾体 3 个方面, 将气象条件作为主要致灾因子, 用降雨量和蒸发量建立致灾因子函数, 为农业干旱分类研究提供了新的思路。但该方法在实际应用中由于蒸发量资料较为缺乏, 使得大范围气象致旱程度的计算和评估难以进行。刘庆等^[4]选择早期持续天数和早期的降雨量、温度及湿度资料, 采用综合权重法求算多个气象致旱因子的综合指数, 建立干旱影响评估模式, 虽便于计算和使用, 但权重系数用经验调整法确定, 缺乏客观、定量的标准, 影响了干旱强度指数的准确性。

针对上述方法的不足, 并结合目前国内外干旱指标的理论分析及研究进展^[5-6], 本文以四川省盆地致旱的气象因子为对象, 使用易于获取的气象资料, 用更为客观的方法确定综合权重系数, 计算了春旱强度指数, 划分了春旱强度等级并计算了不同等级的发生概率, 绘制出了春旱不同强度的概率分布图。

1 春旱的统计方法

1.1 资料来源

四川省盆地 102 个气象站 1952—2006 年逐日的降雨量、平均气温、空气相对湿度资料, 来源于四川省气象局。

1.2 单站春旱的统计

为便于计算和理解, 根据四川省气象部门对各类灾害性天气的统计规定, 四川省盆地春旱采用如下方法统计: 对盆地任意站点, 若在 3 月 1 日—5 月 5 日之间, 当滑动 30 d 降雨量出现小于(或等于) 20 mm, 且在该滑动时段的前 3 d 内, 无日降雨量大于(或等于)10.0 mm 时, 该滑动时段的起始日期预置为春旱的开始时间。继续计算滑动 30 d 降雨量, 当其值从小于(或等于)20 mm 上升为大于 20 mm, 且后 3 d

① 收稿日期: 2007-12-12

基金项目: 四川省财政厅《四川省农业干旱等级划分及区域分布研究》资助项目。

作者简介: 柏建(1962-), 男, 四川达州人, 高级工程师, 主要从事农业气候生态评估、分析及 Gis 技术的开发应用研究。

无日降雨量大于(或等于)10.0 mm 时,则小于(或等于)20 mm 滑动时段的终止时间为该次春早的结束日期.当开始日期到结束日期均确定后,则该站点出现了 1 次春早,且春早的持续天数为开始日期到结束日期之间的日数.

2 春旱强度指数及等级划分

利用上述春旱标准统计出的春旱持续时间和春旱发生次数,仅反映了降雨量偏少对春旱强度的影响.但春旱旱情的强弱不仅由降雨量的偏少程度决定,早期的气温高低和空气湿度大小等通过影响农田蒸发,往往会加重或减轻干旱程度,出现早期长度相同但春旱程度差异很大的情况.因此,为了综合反映春旱的气象影响程度,本文构建了包含上述气象因子综合影响的指标模型.

2.1 春旱强度指数的计算

采用综合权重法求算春旱气象致灾因子的综合影响程度.设春旱的气象综合影响指数(简称春旱强度指数,下同)为 I_d ,其值由相关气象因子的权重求和而得:

$$I_d = K_1 \times \frac{(D_s - 30)}{D_p} + K_2 \times \frac{(T_s - T_m)}{T_p} + K_3 \times \frac{1}{H_p} \times 100 + K_4 \times \frac{1}{R_n} \times 100 \quad (1)$$

式中, D_s 为春旱持续天数, D_p 为盆地地区春旱平均持续天数, T_s 为春旱时段内的平均气温距平, T_m 、 T_p 分别为盆地地区春旱期气温距平的最小值和平均值, H_p 为早期平均空气相对湿度, R_n 为早期平均日降雨量.

从上式可知,该春旱强度指数不仅与早期的持续天数有关,还与春旱期间的气温水平、空气湿度水平和日均雨量有相当大的关系.同时,由于式中引入了盆地地区春旱的历年平均持续天数(D_p)、历年早期平均气温(T_s)和历年早期最小气温(T_p)3 个区域气候特征因子,从而使得该春旱强度指数可以更加明显地反映出盆地区的春旱特征.

权重系数 K_1 , K_2 , K_3 , K_4 均大于 0,且满足

$$K_1 + K_2 + K_3 + K_4 = 1 \quad (2)$$

由于春旱强度与早期持续天数和早期平均气温成正比,且与早期平均湿度和早期日均降雨量成反比,可定义当 D_s 、 T_s 取盆地地区最大值而 H_p 、 R_n 取盆地地区最小值时,盆地区的春旱强度指数 $I_d = 100$.将统计所得的 D_s 、 T_s 、 H_p 、 R_n 的相应值代入(1)式中,可得:

$$87.3K_1 + 663.7K_2 + 1.8K_3 + 100K_4 = 100 \quad (3)$$

同理,可定义 D_s 、 T_s 、 H_p 、 R_n 取盆地地区平均值时,春旱强度指数 $I_d = 50$.将相应值代入于(1)式中,得

$$27.2K_1 + 474.7K_2 + 1.5K_3 + 19.2K_4 = 50 \quad (4)$$

为了平衡各因子的影响程度,消除因子量纲不同对综合指数的影响,设各权重因子的离差平方和为最小,即

$$\sum_{i=1}^4 (K_i - \bar{K})^2 = \text{最小} \quad (5)$$

\bar{K} 为各权重系数的平均值,即 $\bar{K} = \sum_{i=1}^4 K_i / 4$,代入(5)式中.先解(2)、(3)、(4)构成的四元一次不定方程组,求得通解,再利用(5)式规定的条件,求得各权重系数(表 1).

表 1 春旱强度指数的权重系数

K_1	K_2	K_3	K_4	合计
0.65	0.05	0.22	0.08	1.00

由此,可得四川省盆地地区春旱强度指数模型:

$$I_d = 0.65 \times \frac{(D_s - 30)}{D_p} + 0.05 \times \frac{(T_s - T_m)}{T_p} + 0.22 \times \frac{1}{H_p} \times 100 + 0.08 \times \frac{1}{R_n} \times 100 \quad (6)$$

用上述 4 个限定方程计算春旱强度指数的权重系数的方法,具有明确的物理意义.(3)式定量描述了盆地区域内,春旱强度指数最大为 100 时,干旱相关气象因子的具体情景.而(4)式定量描述了春旱强度中等为 50 时,干旱相关气象因子的取值.因此,通过对春旱强度指数的计算,能够较为真实地反映出四川省盆地各站点春旱的实际状况.

2.2 春旱强度指数及其统计特征

利用上述春旱强度指数模型,计算盆地区各站历年的春旱强度指数.1年中出现1次以上的春旱时段,先计算各旱段的强度指数,再累加求和得该年的总指数.

春旱强度指数反映了相关气象因子对春旱强度的综合影响.春旱强度指数越大,表明气象条件对农田水分的胁迫越强,旱情越重.强度指数越小,则气象条件对农田水分的胁迫越轻,旱情就弱.由春旱强度指数的定义可知,强度指数在0~100区间变化.由于任一站点各旱期气象因子对旱情的影响,理论上不可能同时达到盆区内最大,因此对本文中使用的历史样本而言,强度指数一般不太可能达到100.但在实时旱情评估中,若有上述气象因子打破本文所用样本的极值时,强度指数就可能出现超过100的情况.同理,春旱强度指数也不可能是0,0只是它理论上的最小值.

盆地区春旱强度指数的统计变化特征(表2).表明自1952—2006年期间,盆地区102站共出现了2255次的春旱.四川省盆地区春旱指数的分布,偏斜度为0.10,峰值为-0.18,都非常接近于零,因此可以看成是正态分布.春旱指数的平均值为55.6,表明可将此值及其邻近区间定义为中等强度春旱.春旱强度指数标准差为12.2,最小值为18.7,最大值为98.5,这些可作为春旱强度等级划分的参考指标.

表2 四川省盆地区春旱指数的统计特征

统计参数	平均	众数	标准偏差	峰值	偏斜度	最小值	最大值	干旱样本数
干旱指数	55.6	59.5	12.2	-0.18	0.10	18.7	98.5	2255

图1是盆地区春旱指数的区间频数和累积频率分布图.区间频数直方图较直观地显示出春旱不同强度出现机率的变化特征.频数分布中间高、两头低,左右两边基本对称,符合正态分布的基本特征.但峰值为负,表明与正态分布相比,分布相对较为平坦.

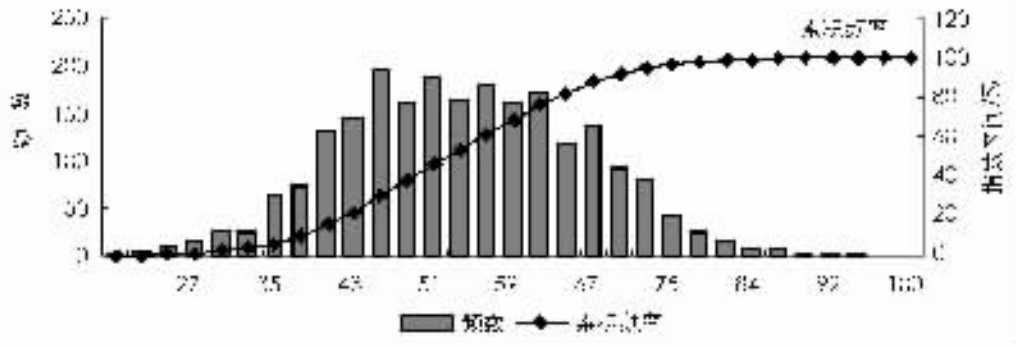


图1 四川省盆地区春旱指数的区间频数及累积频率

2.3 春旱强度的等级划分

依据盆地区春旱指数的区间分布特征,将春旱强度分为轻旱、中旱、重旱、特旱4个等级.表3是四川省盆地区春旱等级的划分指标.第二行给出了不同春旱强度等级对应的春旱指数区间.第三、四行列出了不同春旱等级的发生次数和占总发生次数的百分比.可见,四川省盆地区总计2255次的春旱中,轻旱共发生了626次,占发生总次数的27.8%;中旱发生了1026次,占发生总次数的45.5%,重旱、特旱发生次数分别为547次和56次,占发生总次数的24.2%和2.5%.中旱出现的次数最多,特旱出现次数最少,重旱和特旱的发生次数(603次)与轻旱次数(626次)大致相当,同实际情况较为相符.

表3 四川省盆地区春旱等级的划分指标

等级	轻旱	中旱	重旱	特旱
指数区间	$I_d \leq 45$	$45 < I_d \leq 65$	$65 < I_d \leq 80$	$I_d > 80$
发生次数	626	1026	547	56
占总次数百分比/%	27.8	45.5	24.2	2.5

3 春旱强度等级概率的空间分布

为了比较春旱不同强度等级发生概率在地区间的分布差异,本文选择1961—2006年共46年,统计了

各站点轻旱、中旱、重旱和特旱出现的概率,然后利用 ArcGIS 9.0 的空间分析模块,选择 Spline 内插方法,绘制出各强度等级的概率空间分布图.图 2 是春旱发生的总概率,图 3,4,5,6 分别是特旱、重旱、中旱和轻旱的发生概率.

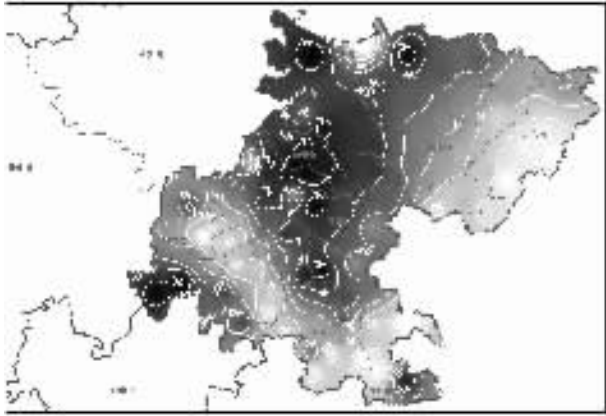


图 2 春旱发生的总概率

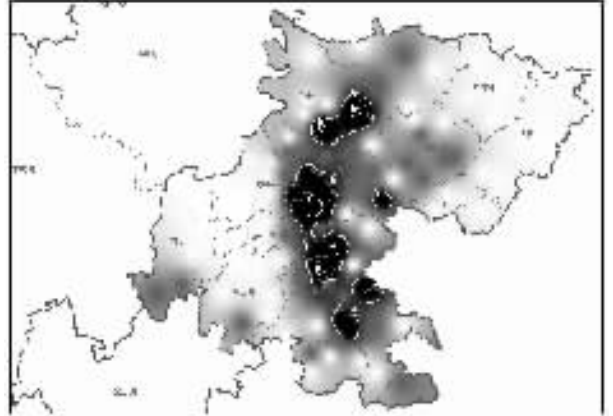


图 3 特旱发生的概率

从图 2 可知,春旱在盆地地区均可发生.盆地东北部及盆南大部份地区,出现春旱的概率一般在 30% 左右.春旱发生最频繁的地区,主要在盆地的西北部、中南部和雅安南部,出现春旱的概率大都在 60% 以上,德阳附近的较大区域、汉源、广元、青川等局部地区达 70%~80%.德阳、三台、射洪、金堂所属区域是春旱频发的中心,这与以往认为岷江以东、沱江以西的盆中南地区为春旱中心,位置明显向北偏移,但与近 20 年春旱的发生实况极为吻合.

图 3 是特旱发生的概率分布.由于划分出的特旱年样本较少,在盆地地区只有 56 次,因此,各地的出现概率均不足 10%.但从图中仍可看出区域之间的差异.特旱出现的区域,主要在德阳以南的沱江流域和绵阳的东南部,其位置与春旱频发中心并不完全吻合,说明这些地区春旱频率虽较中心区域略小,但一旦发生春旱,程度一般较中心区域偏重.

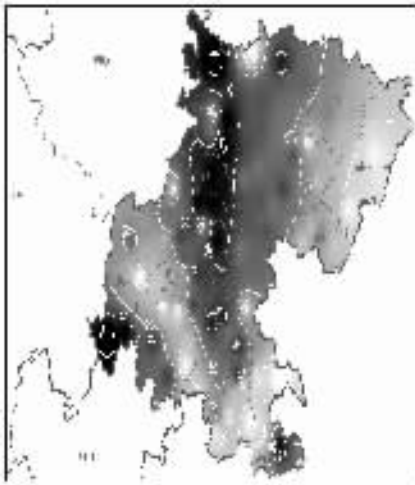


图 4 重旱发生的概率

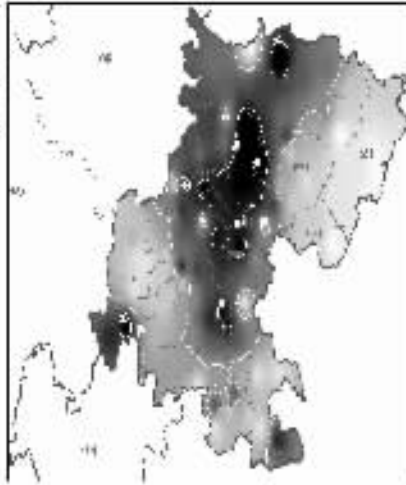


图 5 中旱发生的概率

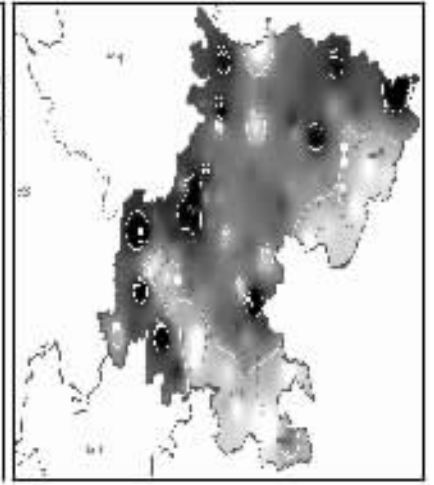


图 6 轻旱发生的概率

重旱发生频繁的地区(图 4),主要在绵阳南部、德阳东部及遂宁西北部,发生概率在 20%~30% 之间,即 10 年 2~3 遇.将图 4 与图 2 比较还可以看出,春旱出现概率在 60% 以上的地区,重旱发生的概率均在 10% 以上,普遍可达到 10 年 1 遇的水平.中旱概率 20% 以上的地区,与重旱概率 10% 以上的地区及春旱概率 40% 以上的地区基本重合,但概率达 20% 以上的中心区,较重旱区域略向西偏移(图 5).轻度春旱的区域性特征不明显,盆地地区大都在 10% 左右,即 10 年 1 遇的水平(图 6).

4 讨 论

1) 农业干旱最主要、最直接的致灾因子是降雨量和蒸发量,降雨量和蒸发量差值即农田与大气的水平

交换盈亏,反映了气象条件对农田水分的胁迫程度.在不考虑其它孕灾因子和具体承灾体的情况下,大气—农田水分盈亏程度指数,可作为表征干旱强度的指标.在实际工作中,由于大范围高分辨的蒸发量资料难以获取,一般仅使用降雨量指标进行干旱评估,造成评估结果与实际旱情常有较大差异.本文引入对农田蒸发量影响较大且易于获取的气温距平、空气相对湿度和日降雨量提取因子(干旱持续天数和早期平均降雨量),建立综合权重指数表征春旱强度,一定程度上弥补了因忽略早期蒸发过程对春旱强度影响而造成的不足.

2)在春旱强度指数模型的构建中,定义了当干旱持续天数和早期气温距平分别取区域内最大值且早期平均空气相对湿度和日均雨量取区内最小值时,春旱强度指数为100,旱情最重.而当所考虑的全部4个气象因子均取区域内平均值时,春旱强度指数为50,旱情中等.由此可知,用强度指数表征的春旱强度,是在满足四川省盆地区春旱发生条件下的区域内相对强度.由于气象因子对旱情的影响不可能同时达到区内最大,因此对历史样本而言,强度指数100只是一个理论上的最大值.但在实时旱情评估中,若有上述气象因子打破本文所用样本的极值时,强度指数就可能出现超过100的情况.

3)在春旱强度等级划分的基础上,绘制了春旱不同强度发生概率的空间分布,较常用的无等级春旱概率分布而言,更有利于对干旱客观、定量的评估,对四川省盆地区抗旱减灾对策的合理制定具有更加明确的指导意义.

参考文献:

- [1] 陈淑全. 四川气候 [M]. 成都:四川科学技术出版社,1997:86—87.
- [2] 冯定原,邱新法. 农业干旱的成因、指标、时空分布和防旱抗旱对策 [J]. 中国减灾,1995,1:22—27.
- [3] 林海滨,任爱珠,朱东海. 农业干旱灾害关系函数研究 [J]. 自然灾害学报,2000,2:62—67.
- [4] 刘庆,毛军需,彭国照. 四川盆地夏旱多因素综合评估方法探讨 [J]. 干旱地区农业研究,2007,3:82—85.
- [5] 袁文平,周广胜. 干旱指标的理论分析与研究展望 [J]. 地球科学进展,2005,19(6):982—988.
- [6] 徐向阳,刘俊,陈晓静. 农业干旱评估指标体系 [J]. 河海大学学报,2001,29(4):57—59.

Study on Classifying and Zonal Probability Distribution of Intensity Gradation for Spring Droughts in Sichuan Basin

BAI Jian

Agrometeorological Center of Sichuan Province, Chengdu 610071, China

Abstract: Using daily meteorological data from 102 weather stations in Sichuan basin between years 1952—2006, a model of spring drought intensity index was established in this study. After analyzing the statistical characteristics of the index distribution, the classification of spring drought gradation was made and zonal probability distribution of each gradation was figured. The result is helpful to evaluate accurately the drought extent caused by meteorological factors and the zonal differences of spring drought in Sichuan basin.

Key words: Sichuan province; basin; spring drought; intensity gradation; zonal probability distribution

责任编辑 夏娟