

文章编号: 1004-4574(2008)05-0142-05

# 黑龙江省旱涝低温指标及其气候分析应用

王艳秋<sup>1</sup>, 邢俊江<sup>2</sup>, 张丽娟<sup>3</sup>, 吴琼<sup>4</sup>, 张少峰<sup>1</sup>

(1 哈尔滨市气象局, 黑龙江 哈尔滨 150080; 2 黑龙江省鹤岗市气象局, 黑龙江 鹤岗 154100; 3 哈尔滨师范大学, 黑龙江 哈尔滨 150080; 4 黑龙江省气象台, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:** 根据黑龙江省 1954–2007 年夏季平均气温与 1956–2007 年夏季降水量资料, 计算了逐年降水距平百分率、沙道夫干湿指数、Z 指数和气温距平值等。按计算结果, 对旱、涝、低温等级进行了划分, 确定了等级标准。结果表明, 使用降水距平百分率、温度距平值同 Z 指数对旱、涝、低温的划分, 结果比较一致。另外, 应用了旱、涝、低温指数与季平均气温、降水 5 年滑动平均值, 对黑龙江年代际气候变化趋势进行了分析, 指出 21 世纪初期开始黑龙江已经进入了一个干暖时期。

**关键词:** 旱涝; 低温; 标准; 气候变化

中图分类号: P468 文献标识码: A

## Indices of drought, waterlogging and low temperature for Heilongjiang Province and their application to climatic analysis

WANG Yan-qiu<sup>1</sup>, XING Jun-jiang<sup>2</sup>, ZHANG Li-juan<sup>3</sup>, WU Qiong<sup>4</sup>, ZHANG Shao-feng<sup>1</sup>

(1 Meteorological Bureau of Harbin, Harbin 150080, China; 2 Meteorological Bureau of Hegang Hegang 154100, China; 3 Harbin Normal University, Harbin 150080, China; 4 Meteorological Center of Heilongjiang Province, Harbin 150030, China)

**Abstract** Based on the mean temperature during 1954–2007 and precipitation data during 1956–2007 in Summer in Heilongjiang Province, the precipitation anomaly percentage, Shdao-fu drought and wet index, Z-index and temperature anomaly were calculated. According to calculation result, the grades of drought, flood and low temperature were divided. The results show that the grades divided using precipitation anomaly percentage, temperature anomaly are same as that divided using Z index. Furthermore, the interdecadal climate change trend in Heilongjiang Province was analyzed by use of drought, flood, temperature indices and seasonal mean temperature as well as 5-year moving average of precipitation. It is pointed out that at the beginning of 21st century, the climate in Heilongjiang Province gets into a dry and warm period.

**Key words** drought and flood; low temperature; standard; climate change

旱涝低温灾害是黑龙江省经常发生的严重的自然灾害, 常常给国民经济带来巨大损失, 粮食安全、社会稳定受到威胁。1998 年松花江、嫩江大水造成国民经济直接 296 亿元。2007 年全省因干旱造成经济损失 20 多亿元, 由于干旱还引发了多处森林大火。

近年来国内外专家对旱涝、低温指标作了不少研究。其中 Palmer 干旱指数在美国得到了广泛应用。McKee 等的标准化降水指数 (SPI), 在加拿大也广泛应用。沙道夫干湿指数在俄罗斯应用效果也很好。国家气候中心使用的 Z 指数在旱涝监测中普遍采用<sup>[1-2]</sup>; 关于低温指标在东北过去已有应用<sup>[3-4]</sup>。本文通过

收稿日期: 2008-04-23 修订日期: 2008-08-16

基金项目: 黑龙江省科技攻关资助项目 (GC06C10302)

作者简介: 王艳秋 (1968-), 女, 高级工程师, 主要从事天气气候学研究。E-mail: Wang\_yg\_68@yahoo.com.cn

实际资料, 分别采用文献中提到的几种指标方法, 进行计算比较, 最后确定黑龙江的旱涝、低温指标。对于气候年代际变化已有不少研究<sup>[5-7]</sup>, 利用旱涝、低温指标结合气温、降水滑动平均的办法分析气候年代际变化特征还是不多的, 也算是一种尝试。

本文使用的资料全部来自黑龙江省气候中心。

## 1 确定旱涝指标的几种方法

### 1.1 采用降水距平百分率方法

这是一种在气象台站广为流行的划分办法, 简单明了。根据降水距平大小按百分比取值, 其公式:

$$R_i = \frac{r_i - \bar{r}}{\bar{r}} \times 100\%$$

式中:  $R_i$  为  $i$  年降水距平百分率;  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  为年序,  $n$  为年总数;  $\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i$  为降水量的平均值;  $r_i$  为第  $i$  年降水量。

黑龙江省夏季 (6-8月) 降水量时间取 1956-2007 年,  $n = 52$ 。黑龙江省降水有 3~5a 短周期变化特点, 也常常有 3a 一小旱, 5a 一大旱的说法, 对此将黑龙江省旱涝等级分为 5 级较适宜。按降水距平百分率指标及年代划分见表 1。

表 1 按夏季 (6-8月) 降水距平百分率划分旱涝等级

Table 1 Gradation of drought/flood according to percentage of precipitation anomaly in summer

等级	大涝	偏涝	正常	偏旱	大旱
降水百分率 %	$\geq 20$	10~19	9~-9	-10~-19	$\leq -20$
年份	1957, 1981, 1984, 1985, 1991, 2003	1956, 1959, 1960, 1961, 1962, 1966, 1969, 1990, 1993, 1996, 1998, 2006	除旱涝 以外的 年份	1967, 1968, 1974, 1975, 1980, 2000	1958, 1970, 1976, 1979, 1982, 1995, 2001, 2004, 2007
频次 %	12	23	36	12	17

由表所见, 偏涝的频次远远高于偏旱的频次, 但大旱的频次高于大涝的频次。2000年后偏旱频繁出现, 在 8a 中出现了 3a 的大旱, 尤其 2007 年降水百分率达到 -40%, 成为建国以来最早的年份 (1954 年降水百分率为 -36%)。

### 1.2 沙道夫干湿指数法

沙道夫指数是将旱涝与气温、降水联系起来。一般情况下, 降水多的年份对应气温低, 而降水少的年份对应气温高。气温高, 加速蒸发, 旱象加重。基于此思想, 将气温和降水数值进行标准化后相减, 其值定为干湿指数, 以此进行旱涝等级划分。表达式为:

$$S_i = \frac{T'_i}{\sigma_t} - \frac{R'_i}{\sigma_r}$$

式中,  $S_i$  为干湿指数;  $T'_i = T_i - \bar{T}$  为温度距平;  $R'_i = R_i - \bar{R}$  为降水距平;  $\sigma_t, \sigma_r$  为气温、降水标准差, 也称均方差。

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}$$

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}$$

式中,  $n$  为年代;  $T_i, R_i$  为气温、降水第  $i$  年值;  $\bar{T}, \bar{R}$  为气温、降水多年平均值。依此将计算结果取值划分等级标准, 见表 2。

表 2 夏季 (6-8月) S<sub>i</sub> 干湿指数划分旱涝等级

Table 2 Gradation of drought/flood according to dry and wet index in summer

等级	大涝	偏涝	正常	偏旱	大旱
S <sub>i</sub> 值	≤ -2.0	-1.0 ~ -1.9	-0.9 ~ 0.9	1.0 ~ 1.9	≥ 2.0
年代	1957, 1969, 1972 1981, 1983	1956, 1959, 1961, 1964, 1965, 1966, 1984, 1985, 1991, 1993, 2003	除旱涝以 外的年份	1958, 1968, 1973, 1975, 1978, 1988, 1994, 1995, 1999, 2005	1970, 1979, 1980, 1982, 2000, 2001, 2004, 2007
频次 %	10	21	35	19	15

比较表 2 表 1, 旱、涝、正常频次基本一致, 但大涝级偏差较大, 仅有 1957, 1981年一致; 而大旱年一致年份较多, 其中除 1980, 2000年为偏旱外, 1970, 1979, 1982, 2001, 2004和 2007年共 6a一致。

1.3 Z 指数的等级划分<sup>[1]</sup>

Z 指数思路基于某时段降水量服从皮尔逊 II型曲线中的 Γ分布, 通过对变量标准化处理后, 可将概率密度函数转变为以 Z 指数为新变量的标准化正态分布, 其表达式为:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left( \frac{C_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6}$$

式中 C<sub>s</sub>, 为偏态系数; φ<sub>i</sub> 为标准变量, 均可由降水量序列计算求得, 即:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{m \sigma^3}$$

$$\varphi_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

用 Z 指数计算结果, 确定旱涝等级划分标准见表 3。

表 3 按夏季 (6-8月) Z 指数划分旱涝等级

Table 3 Gradation of drought/flood according to Z-index in summer

等级	大涝	偏涝	正常	偏旱	大旱
Z 值	≥ 1.3	0.7 ~ 1.2	0.6 ~ -0.6	-0.7 ~ -1.2	≤ -1.3
年份	1957, 1981, 1984 1985, 1991, 2003	1956, 1959, 1960, 1961, 1962, 1966, 1969, 1990, 1993, 1996, 1998, 2006	除旱涝以 外的年份	1967, 1968, 1974, 1975, 1980, 2000	1958, 1970, 1976, 1979, 1982, 1995, 2001, 2004, 2007
频次 %	12	23	36	12	17

由此表明明显所见, 20世纪 50-60年代, 在 1956-1969年 14 a中, 涝年占 8次, 涝年出现概率 67%, 旱年出现概率 25%; 70年代旱年出现 4次, 概率为 40%, 而涝年则为零次; 到了 80-90年代, 涝年出现频次明显高于旱年, 涝年出现 8次, 概率为 40%, 而且其中大涝次数就占了 4次为涝年的 50%, 这 20a中旱年仅出现 3次, 概率为 15%; 进入 21世纪的 7 a中, 旱涝频繁发生, 但干旱占主角, 出现 4次, 概率为 57%, 大旱就占了 3次, 占旱年的 43%。由此可见黑龙江省从 1998年松花江、嫩江大水后已经进入一个干旱少雨时段, 他的持续时间尺度应在 15a左右。

另外, 对比表 3与表 1, 旱涝出现的年份用 Z 指数划分还是降水距平百分率划分其结果是一致的, 表明这两种划分的办法是可行的。

## 2 确定高、低温指标

### 2.1 距平法

根据对农业生产的影响, 一般采用及温度距平指标进行夏季高低温划分<sup>[4]</sup>, 见表 4。由表明显可见, 特高年份出现 12 次, 占总数的 22%, 尤其 1994 年后黑龙江未出现过偏低年份, 在 2000–2007 年 8a 中, 偏高至特高出现了 7 次, 仅 2002 年出现正常。

表 4 夏季 (6–8 月) 温度距平等级划分

Table 4 Gradation of temperature anomaly in summer

等级	特高	偏高	正常	偏低	特低
标准 / $^{\circ}\text{C}$	$\geq 0.7$	0.3~0.6	0.2~-0.2	-0.3~-0.6	$\leq -0.7$
年份	1955, 1970, 1980 1982, 1988, 1994 1997, 2000, 2001, 2003, 2004, 2007	1954, 1973, 1975, 1995, 1998, 1999, 2005, 2006	除旱涝以 外的年份	1956, 1959, 1960, 1965, 1966, 1971, 1992, 1993	1957, 1964, 1969, 1972, 1976, 1981, 1983
频次 /%	22	15	35	15	13

### 2.2 采用 Z 指数方法划分

仍然将夏季气温序列进行 Z 指数划分结果见表 5。

表 5 夏季 (6–8 月) 温度 Z 指数等级划分

Table 5 Gradation of temperature Z-index in summer

等级	特高	偏高	正常	偏低	特低
Z 值	$\geq 1.0$	0.4~0.9	0.3~-0.3	-0.4~-0.9	$\leq -1.0$
年份	1955, 1980, 1982 1988, 1994, 1997 2000, 2001, 2004 2005, 2007	1954, 1970, 1973, 1975, 1978, 1990, 1995, 1996, 1998, 1999, 2006	除旱涝以 外的年份	1956, 1965, 1971, 1981, 1992, 1993	1957, 1964, 1969, 1972, 1976, 1983
频次 /%	20	20	38	11	11

由表所见, 高温年出现频次远远高于低温年, 出现概率达 40%, 另外 1993 年为偏低年出现的最后一年, 而 1994 年又是高温年开始出现的一年, 表明 1994 年黑龙江夏季开始出现了暖年时期, 与表 4 分析相同, 比较表 与表 4 的相同年份, 特高年份相同率达 73%, 特低年份相同率达 86%, 可见用 Z 指数划分更加好一些。

## 3 气候变化

如果按前面 Z 指数对旱涝、高低温划分标准, 将各年代际旱涝、高低温出现的频次列表 6。

表 6 夏季 (6–8 月) 旱涝、高低温出现频次

Table 6 Frequency of drought/flood and high/low temperature in summer

年份	1954–1959 年	1960–1969 年	1970–1979 年	1980–1989 年	1990–1999 年	2000–2007 年
偏旱		2	2	1		1
大旱	1		3	1	1	3
偏涝	2	5		3	4	1
大涝	1				1	1
偏高	1		4		5	1
特高	1			3	2	5
偏低	1	1	1	1	2	
特低	1	2	2	1		

根据旱涝、低温群发的特点,考虑到黑龙江气温、降水年代际变化特点见图 1。其各时期气候变化特征为:20世纪 50–60年代以湿冷为主,平均降水量多 20 mm,平均气温偏低 0.4℃;70年代以干稍冷为主,平均降水量偏少 40 mm,平均气温偏低 0.1℃;80–90年代以温暖为主,平均降水量偏多 22 mm,平均气温偏高 0.2℃;21世纪初期 7 a以干暖为主,平均降水量偏少 30 mm,平均气温偏高 0.8℃。黑龙江省这种干暖气候正是响应全球和中国区域气候变暖的趋势<sup>[8–9]</sup>,今后可能还会持续 7~8 a,当然在干暖时期内,有时还会出现个别年份降水多的现象。

以上各时段气候变化是否通过显著性差异检验,可以通过两个不同时段气温降水均值的假设检验方法解决<sup>[10]</sup>。采用  $u$  值检验,主要检验 20世纪 50–60年代以湿冷为主与 80–90年代以温暖为主的冷暖差异检验,结果  $u_{\text{实}} = -3.5$ ,  $|u_{\text{实}}| > 2.58$  取信度  $\alpha = 0.01$  表明两个不同时段冷暖差异是显著的。另外采用同样检验方法对 20世纪 80–90年代以温暖为主与 21世纪初期 7 a以干暖为主的干湿显著性差异检验。结果  $u_{\text{实}} = 1.98$ ,  $|u_{\text{实}}| > 1.96$  取信度  $\alpha = 0.05$  表明两个不同时段干湿差异是显著的。

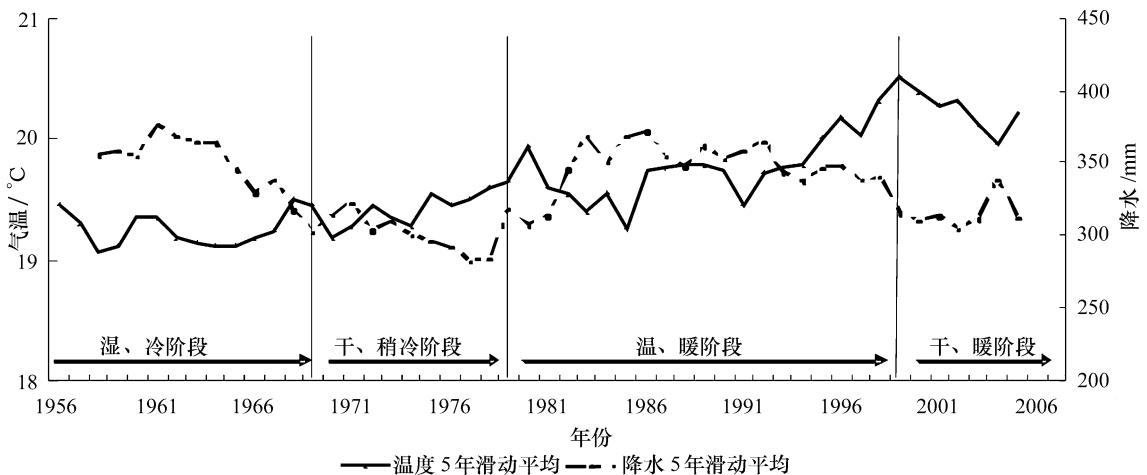


图 1 黑龙江省夏季气温、降水(5年滑动平均)年代际变化

Fig. 1 Interdecadal change of 5 year moving average temperature and precipitation in Heilongjiang Province in summer

## 4 结论

- (1) 采用降水距平百分率与  $Z$  指数方法对旱涝等级的划分同样会受到很好的效果。
- (2) 采用气温距平值和  $Z$  指数方法对低温标准的划分同样很好,但对高温标准的划分稍有差异。
- (3) 黑龙江省从 20世纪 50年代中开始至 21世纪初期,其后年代际变化特征为:1956–1969年为湿冷时期;1970–1979年为干稍冷时期;1980–1999年为温暖时期;2000–2007年为干暖时期,并且通过显著性差异检验。预计今后干暖趋势可延续至 7a左右。

## 参考文献:

- [1] 鞠笑生, 邹旭艳, 张强. 气候旱涝指标方法及其分析 [J]. 自然灾害学报, 1998, 7(3): 51–57.
- [2] 王志伟, 翟盘茂, 唐红玉, 等. 中国南方近半个世纪的雨涝变化特征 [J]. 自然灾害学报, 2005, 14(3): 56–60.
- [3] 马树庆, 王琪, 沈享文, 等. 水稻障碍型冷害损失评估及预测动态模型研究 [J]. 气象学报, 2003, 61(4): 507–512.
- [4] 潘华盛, 刘育生. 三江平原天气气候与农业 [M]. 北京: 气象出版社, 1991: 107–112.
- [5] 史津梅, 唐红玉, 许维俊, 等. 1959–2003年青海省干湿变化分析 [J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(6): 356–360.
- [6] 张庆云, 卫捷, 陶诗言. 近 50年华北干旱的年代际变化及大气环流特征 [J]. 气候与环境研究, 2003, 8(3): 307–318.
- [7] 李崇银, 鹏. 北太平洋海温年代际变化与大气环流和气候异常 [J]. 气候与环境研究, 2003, 8(3): 258–273.
- [8] 丁一汇, 任国玉, 赵宗慈, 等. 气候变化国家评估报告 [J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 3–8.
- [9] 王艳秋, 高煜中, 潘华盛, 等. 气候变化对黑龙江省主要农作物的影响 [J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(6): 373–378.
- [10] 屠其璞, 王尊德, 丁裕国. 气象应用概率统计学 [M]. 北京: 气象出版社, 1984: 152–155.