

中值温度和干燥度指数计算及其应用的简便方法

郁家成¹, 吴长春¹, 黄小燕¹, 郁 阳¹, 吴必文², 周 明², 郭秀云²

(1. 安徽农业大学, 合肥 230036; 2. 安徽省气象局, 合肥 230061)

摘要: 利用合肥 2003 年逐日温度资料进行相关分析和回归分析, 发现中值温度与最低、最高及平均温度之间存在极显著的相关性, 回归模型的拟合优度均在 96.8% 以上。依据合肥多年逐日中值温度和平均温度的回归分析, 建立了一元回归方程 $y = 1.0026x - 0.4683$, 并通过了 $\alpha = 0.001$ 水平检验; 对其他地区资料进行分析也发现有同样规律, 这充分表明了日中值温度与日平均温度之间存在极显著回归关系。另外, 根据合肥多年气象资料, 对“蒸降比”与积温干燥度指数进行相关分析和回归分析, 建立了干燥度指数计算的新公式 $Y_e = 0.282054 + 0.552118E/r$ 。方法可直接利用蒸发量和降水量常规气象数据, 简便地计算出各年份干燥度指数; 也可用在低于 10℃ 期间, 以便计算年内各季节或月份干燥度指数; 经分析验证, 效果良好。

关键词: 中值温度; 干燥度指数; 相关回归分析; 计算; 应用; 简便方法

文章编号: 1000-0933(2008)10-5039-08 中图分类号: P456, Q14 文献标识码: A

Convenient method of calculation and application of median temperature and aridity index

YU Jia-Cheng¹, WU Chang-Chun¹, HUANG Xiao-Yan¹, YU Yang¹, WU Bi-Wen², ZHOU Ming², GUO Xiu-Yun²

1 Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China

2 Anhui Provincial Meteorological Bureau, Hefei 230061, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 5039 ~ 5046.

Abstract: Based on correlation and regression analysis on daily temperature data in Hefei, Anhui Province in 2003, the extremely significant correlations among median temperatures, minimal temperatures, maximal temperatures and average temperatures are found, and the goodness of fit test of regression model is more than 96.8%. According to the regression analysis on daily median temperatures and average temperatures for many years in Hefei, the regression equation $y = 1.0026x - 0.4683$, which passes the $\alpha = 0.001$ level testing is established. The same discipline can be found in other areas, which fully indicates a universal regression relationship between daily median temperatures and daily average temperatures. In addition, a new formula of aridity index calculation $Y_e = 0.282054 + 0.552118E/r$ is setup based upon the correlation and regression analysis on the ratio of evaporation to rainfall and the aridity index of accumulated temperature. This method can be employed to calculate conveniently either the annual aridity index based on the conventional meteorological data of evaporation and rainfall or the seasonal and monthly aridity index during the period of temperature below 10℃. The calculated results have been tested well.

Key Words: median temperature; aridity index; correlation and regression analysis; calculation; application;

基金项目: 安徽省教育厅自然科学研究资助项目(2004kj162zd); 安徽省级横向合作研究资助项目

收稿日期: 2008-04-05; 修订日期: 2008-08-02

作者简介: 郁家成(1949~), 男, 安徽蚌埠市人, 副教授, 主要从事应用气候和农业气候研究. E-mail: yjcand@163.com

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of Education Office of Anhui Province (No. 2004kj162zd); The natural science project of cooperative research of the rank of Anhui Province

Received date: 2008-04-05; **Accepted date:** 2008-08-02

Biography: YU Jia-Cheng, Associate professor, mainly engaged in applied climate and agricultural climate. E-mail: yjcand@163.com.

convenient method

1 中值温度适用性证明及其应用

气象科学研究中最为常用的空气温度当数日平均气温、月平均气温和年平均气温,但平均温度需每日 4 次观测得到日平均温度,进而求得月、年平均温度。在我国中值温度早已有之,但长期以来研究和应用者甚少,与国外有很大差距。严中伟先生等曾在 1992 年根据中值温度的定义,对日平均温度进行比较分析,认为日中值温度与日平均温度的差值平均为 0.5°C ,标准差仅为 0.03°C ,在此基础上进一步探讨了其应用优势,并利用其进行了气候变化的分析^[1]。日平均温度是我国气象部门常用的统计项目,但是在人们日常生活、农业生产和科研活动中,如果用中值温度替换日平均温度,可使观测、计算和应用大为简化。当然这需要大量的研究工作,来分析学术上的合理性和操作上的可行性。本文尝试采用相关分析和回归分析方法,建立基于最低和最高温度的中值温度计算模型,探索实际应用过程中简化测算方法和效率提高途径,为温度的实际应用和研究工作开拓新的思路。

1.1 中值温度的计算、模拟和应用

1.1.1 计算公式

中值温度的计算公式为:

$$t_{\text{中值}} = (t_{\text{最低}} + t_{\text{最高}}) / 2 \quad (1)$$

式中, $t_{\text{中值}}$ 表示中值温度; $t_{\text{最低}}$ 和 $t_{\text{最高}}$ 分别表示最低和最高温度。

1.1.2 相关性分析

根据合肥站 2003 年逐日空气最低温度、最高温度和平均温度以及由最低温度、最高温度按上述公式计算的中值温度,采用 Excel 软件进行整理和统计,并应用统计软件 SPSS13.0 进行相关分析和回归分析,建立回归方程^[2,3]。相关分析结果如表 1 所列。表 1 显示,各变量的相关系数均通过了 $\alpha = 0.01$ 水平的极显著性检验,可见各变量之间存在着极显著相关关系,可以建立预测模型。

表 1 2003 年合肥日温变量间的相关系数

Table 1 Correlation coefficient between the daily temperature variables in Hefei in 2003

项目 Item	最高温度 T_{max}	最低温度 T_{min}	平均温度 T_{ave}	中值温度 T_{med}
最高温度 T_{max}	1.000			
最低温度 T_{min}	0.940 **	1.000		
平均温度 T_{ave}	0.982 **	0.984 **	1.000	0.
中值温度 T_{med}	0.986 **	0.984 **	0.998 **	1.000

* * 表示差异极显著 ($P < 0.01$) figure extremely significant difference ($P < 0.01$)

1.1.3 建立回归模型

将中值温度作为因变量 y , 其它各变量分别作为自变量 x , 进行回归分析, 建立回归模型 (表 2)。表 2 显示, 中值温度与其他变量之间的 3 个回归模型达到极显著水平。中值温度与各变量所拟合的回归模型都是线性回归方程, 方差分析结果表明能够真实地反映中值温度和各变量之间的回归关系。此外, 3 个回归方程的拟合优度都很高, 其中中值温度与平均温度所拟合的回归模型优度最高, 达到 99.6%; 与最高温度拟合的为 97.2%; 而与最低温度拟合的也达 96.8%。

根据合肥 1953 ~ 2007 年逐日气温资料, 利用 Excel 软件绘制历年逐日中值温度与平均温度点聚图, 如图 1 所示。由图可见, 两者存在着显著线性相关关系。其一元回归方程为:

$$y = 1.0026x - 0.4683 \quad R^2 = 0.9963 \quad (2)$$

式中, x 为日中值温度; y 为日平均温度。

表 2 合肥站 2003 年日温其他变量与中值温度之间的回归分析结果

Table 2 Regression analysis of the other daily temperature variables and median temperature in Hefei in 2003

因素 Factors	回归方程 Regression Equations	R^2	F	P
最低温度 $T_{\min}$	$y = 3.982 + 0.997x$	0.968	11 127.704	0.000
最高温度 $T_{\max}$	$y = -2.699 + 0.945x$	0.972	12 506.493	0.000
平均温度 T_{ave}	$y = 0.552 + 0.997x$	0.996	93 413.443	0.000

经查询分位数表,回归方程通过了 $\alpha = 0.001$ 水平上的检验。表明日中值温度与日平均温度之间存在极显著回归关系。

至于其他站点的情况,可能与合肥的不完全相同,但是其历年逐日中值温度与平均温度的分布趋势应是一致的。基于这种认识,为了验证中值温度与平均温度的相互关系,探讨中值温度在其他地区的适用性,我们根据蚌埠、安庆、丹东和海口各站多年逐日的温度资料,绘制了历年逐日中值温度与平均温度的散点图,如图 2 所示。由图可见,与合肥相同,各站均存在着极为显著的线性关系。另外从列于图 2 中(a)、(b)、(c)和(d)的一元回归方程式,也说明其他地区的日中值温度与日平均温度同样具有极显著的回归关系。

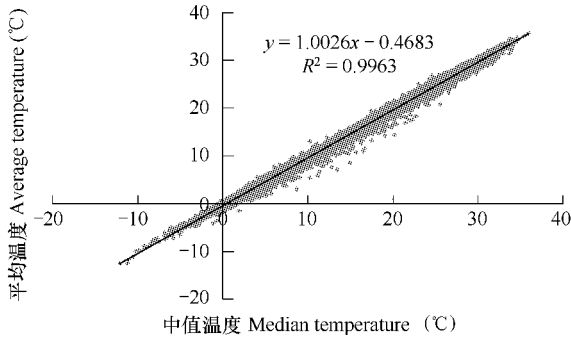


图 1 合肥站 1953 ~ 2007 年逐日中值温度与平均温度散点图

Fig. 1 Scatter plot of daily median temperature and daily average temperature at Hefei station during 1953 – 2007

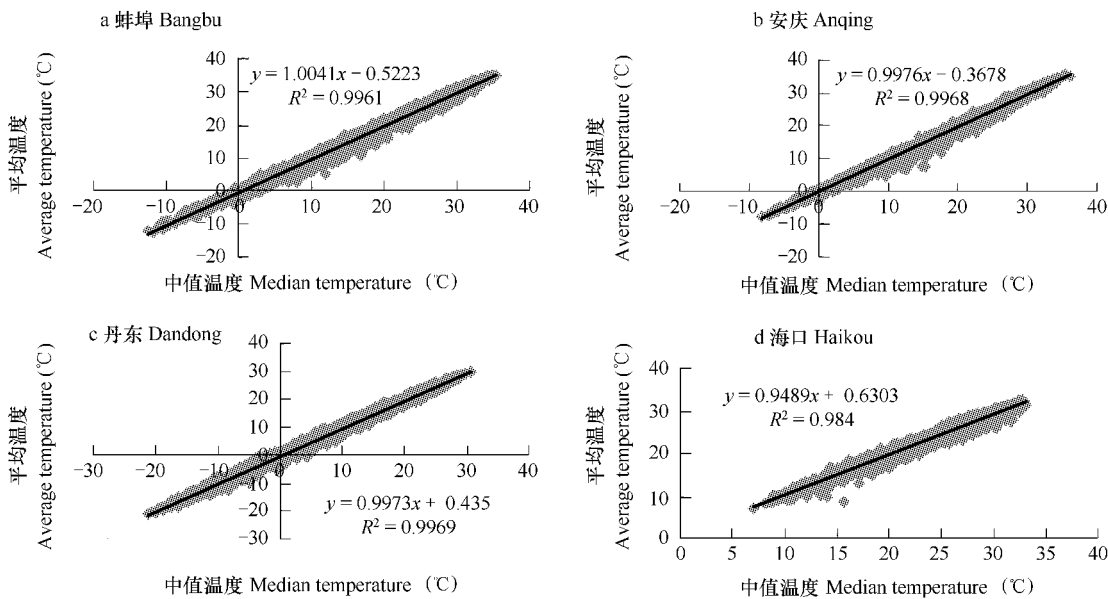


图 2 蚌埠、安庆、丹东和海口历年逐日中值温度与平均温度散点图

Fig. 2 Scatter plot of daily median temperature and daily average temperature at Bangbu, Anqing, Dandong and Haikou

1.2 中值温度的预测及应用

1.2.1 预测

由回归模型可以实现对中值温度的预测。将已知最低或最高温度分别代入回归方程可求得相应的中值温度,也可根据日中值温度,预知该日最低或最高温度。

1.2.2 应用

在农业生产过程中,人们只要使用最高温度表和最低温度表获取日最高温度和最低温度,就可计算出日中值温度。这样可免去用一天 02:00、08:00、14:00 和 20:00 时的 4 次观测资料进行日平均温度计算的繁杂工作。另外,根据日中值温度与日平均温度两者极为显著的相关关系和回归关系,利用中值温度简便而稳定的优势,也可克服我国不同年代每天观测次数和观测时刻不统一等日平均温度测算的实际问题,以便对气候进行更为客观的分析、对比和鉴定。例如在气候变化分析过程中,可以应用日中值温度进行时空变化分析,以达到简明、快捷和实用的效果^[1]。

2 基于蒸降比的干燥度模型及其应用

干燥度指数是表征一个地区干湿程度的指标^[4],是一个地区在一定时期内总潜在蒸散量与总降水量的比值。干燥度在地理、生态、气象等领域具有广泛的应用,尤其在气候分析和区划方面更具重要意义。比较有代表性的干燥度模型有 Penman、Thomthwaite、Holdridge、De Martonne、积温干燥度模型和辐射干燥度模型等。在干燥度指数的应用方面,有些学者利用干燥度指数探讨了在气候变暖的情况下,我国 50 年来干湿气候的时间变化、空间分布以及干湿界线的迁移^[5];也有学者计算布迪科(Budyko)分类系统的净辐射和辐射干燥度指数,绘制各气候指标在中国的分布图^[6];还有利用 1971~2000 年的气象资料,计算黑龙江省稳定超过 18℃ 的天数、≥10℃ 积温及稻田干燥度指数等,提出黑龙江省水稻区划细划初步结论的^[7];江河源区、东北地区、辽宁地区、西北地区和山东省都曾利用当地气象资料 and 不同干燥度指数,分析了各地区干湿状况和水分生态条件^[8-12]。

然而由于各种干燥度模型的研究对象和目的不同,使得诸多数据只能用于比较狭小的领域,客观上造成了各种干燥模型间的隔离,致使干燥度资料缺乏必要的参照性。显然,不同干燥度模型间的相关性分析具有现实意义。而经张宝堃修改的谢良尼诺夫经验公式即积温干燥度公式是针对我国实际情况的,具有很强的实用性,且我国大量的气候资料及有关论著、研究报告大都在张宝堃公式体系下进行的^[13];此外,积温干燥度公式将降雨量与温度考虑在一起,而温度与蒸发又密切相关,因此是同时考虑了水分收支的指标。故本文着重以积温干燥度为基础进行分析,寻求便于计算的新方法。积温干燥度公式为

$$A = 0.16 \sum t / \sum r \quad (3)$$

式中, A 为积温干燥度指数; t 为空气温度; $\sum t$ 为 ≥10℃ 期间的积温量; r 为降水量, $\sum r$ 为 ≥10℃ 期间降水总量。

目前,关于干燥度的研究工作多限于对于干燥度模型的运用,而对各种模型间的相关性研究还未见报道。本文利用江淮地区合肥站的气象观测资料,尝试对“蒸降比”和积温干燥度模型进行相关性分析,旨在建立简便实用且适合江淮地区的干燥度指数计算模型。

2.1 干燥度的计算与应用

2.1.1 基于蒸降比的干燥度简便计算

对于江淮流域这样一个基本属于雨养农业(又叫径流农业)的地区来说,可以用于干燥度反映气候干湿状况及其对农业的影响。基于蒸降比的干燥度指数的简便计算,既可有效避免彭曼公式法操作不便、数据难取的困扰,还可弥补积温干燥度指数法存在 10℃ 以下使用空缺的问题,对于全年农业气候条件研究和生产实际的指导,具有客观的现实意义。

蒸降比为一段时期内蒸发量 E 与降水量 r 的比值,即

$$x = E/r \quad (4)$$

式中, x 为蒸降比; E 为蒸发量,mm; r 为降水量,mm。蒸降比既可按年份计算,也可按季节、月份或年代计算。为保证蒸降比计算方法的可靠性,根据安徽省气象局资料室 1982 年 3 月编制的《合肥气象资料》(1952~1980 年)及其后续的相关气象观测数据,统计和计算出江淮地区合肥站 1953~2006 年的年蒸降比 x 和积温干燥度指数 y ,并对二者进行了分析,结果如图 3 所示。由图可见,二者存在明显的线性关系。为了验

证蒸降比与积温干燥度在统计学上存在的相关性, 利用上述 54a 的年蒸降比和积温干燥度指数资料做回归分析。以江淮地区合肥站年蒸降比为自变量 x , 积温干燥度指数 y 为因变量, 根据数据 $(x_1 y_1, x_2 y_2, \dots, x_{54} y_{54})$ 在 SPSS 上做一元回归分析, 得到回归方程

$$y = 0.578 + 0.226 x \quad R^2 = 0.734 \quad (5)$$

在 $\alpha = 0.001$ 水平上, 年蒸降比与积温干燥度之间存在极显著回归关系。

将式(4)代入式(5), 即可得出基于年蒸降比的干燥度指数(定义为蒸发干燥度)简便的计算公式:

$$Y_l = 0.578 + 0.226 E/r \quad (6)$$

由此看来, 干燥度指数在一定条件下, 可以改用一段时期内蒸发量 E 与降水量 r 来计算。根据合肥站

1953 ~ 2006 年的年蒸降比并按式(6)所得到的历年蒸发干燥度指数, 与历年积温干燥度指数进行比较分析, 发现二者的历年变化趋势基本一致, 但数值相差较大。54 年蒸发干燥度指数的平均值为 0.94, 而积温干燥度指数的平均值为 1.14, 相差 -0.2, 约占积温干燥度指数的 -17.54%。

为提高精确度, 设合肥站 1953 ~ 2006 年的年蒸降比并按式(6)所得到的历年蒸发干燥度指数(Y_l)为自变量 x , 积温干燥度指数为因变量 y , 在 SPSS 上做一元回归分析, 得到回归方程

$$y = 2.443x - 1.130 \quad R^2 = 0.712 \quad (7)$$

再将式(6)代入式(7), 便可得出精确而实用的干燥度指数(定义为蒸发降水干燥度)计算公式:

$$Y_e = 0.282054 + 0.552118 E/r \quad (8)$$

式(8)是较为精确而便于实用的基于年蒸降比的干燥度指数。在 1953 ~ 2006 年的 54a 蒸发降水干燥度指数的累计值为 62.4, 积温干燥度指数的累计值为 61.5; 每年蒸发降水干燥度指数的平均值为 1.16, 积温干燥度指数的平均值为 1.14, 相差 0.02, 约占积温干燥度指数的 1.754%, 可见两者差异微乎其微。

蒸发降水干燥度指数与积温干燥度指数具有极为密切的关系, 但又有显著的不同。共同点是两者概念清楚、意义明确, 并且都符合我国的实情; 不同点在于积温干燥度指数的统计繁杂, 操作不便, 也不能计算温度低于 10℃ 期间的干燥度; 而蒸发降水干燥度指数则统计简单, 实用方便, 还能够计算不同季节(包括温度低于 10℃ 期间)的干燥度。

2.1.2 应用

(1) 举例

用积温干燥度指数无法计算和分析干湿条件的年内变化, 而用蒸发降水干燥度指数法, 不仅可以计算和分析, 而且很方便。现以合肥站为例进行验证。

根据江淮地区合肥站 1953 ~ 2006 年的年蒸发量和降水量, 求得历年的年蒸降比, 并按式(8)计算得到蒸发降水干燥度指数 Y_e , 如图 4 所示。由图可见, 1953 ~ 2006 年, 蒸发降水干燥度指数与历年积温干燥度指数的变化趋势基本一致, 变化幅度也大体相同。因此, 蒸发降水干燥度指数的年际变化可以用来对合肥地区气候的干湿状况进行分析和评价。而蒸发降水干燥度指数相对于积温干燥度指数来说, 确实具有资料易取、简便实用的特点, 所以在应用的层面上, 采用蒸发降水干燥度指数是可行的。另外, 根据合肥市气象局提供的合肥站 1998 年温度、降雨量和蒸发量资料, 对各月的积温量、降水量和蒸发量进行统计整理, 结果见表 3。

依据表 3 所得到的合肥站 1998 年各月蒸降比资料, 并按式(8)计算得到蒸发降水干燥度指数, 如图 5 所示。由图可见, 蒸发降水干燥度指数在本年内变化趋势为 1 ~ 8 月份变化较为平缓, 其值分别为 0.6、1.0、0.7、0.7、0.9、1.1、1.4 和 0.8; 而 9 ~ 12 月则大起大落, 其值分别为 19.7、4.8、32.7 和 1.4。由蒸发降水干燥

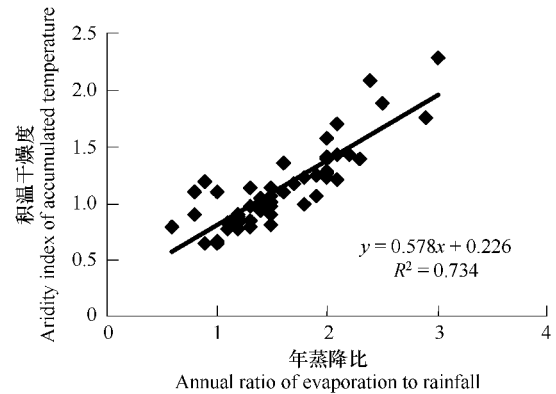


图3 年蒸降比和积温干燥度的散点图

Fig. 3 Scatter plot of the annual ratio of evaporation to rainfall and the aridity index of accumulated temperature

度指数随月份的分布情况,按照 0~0.8 为湿润、0.9~1.1 为中等和 1.2 以上为干燥的划分标准,合肥地区在 1998 年度内,1、3、4、8 月份为湿润;2、5、6 月份为中等;7、9、10、11、12 月份为干燥。全年各月中以 11 月份为最干燥,蒸发降水干燥度指数达 32.7;以 1 月份为最湿润,仅为 0.6。这是 1998 年各月蒸发和降水共同作用所形成的结果。

若以季节划分进行比较(图 6),也可发现冬季(12、1、2 月份)、春季(3、4、5 月份)和夏季(6、7、8 月份)蒸发降水干燥度指数较小,分别为 1.0、0.8 和 1.1,均较湿润;而秋季(9、10、11 月份)蒸发降水干燥度指数大(19.1),则非常干燥。这主要是因秋季(9、10、11 月份)江淮地区秋高气爽、温度高和雨水少等因素所致。

表 3 合肥站 1998 年各月积温、雨量和蒸发资料表

Table 3 The data of the monthly accumulated temperature, rainfall and evaporation at Hefei station in 1998

月份 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
积温(°C) Accumulated temperature	63.3	189.3	295.1	556.1	648.2	753.3	919.2	882	935.2	592.8	425.4	192
降水量 Rainfall(mm)	82.8	53.4	116.2	200.5	149.9	125.7	111.6	230.9	5.4	17	1.9	27.7
蒸发量 Evaporation(mm)	37.7	65.3	81.8	151.5	162.8	183.3	235.5	197.3	190.2	137.7	111.7	57.1

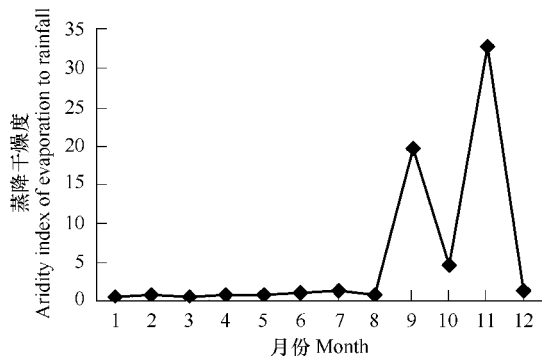


图 5 合肥站 1998 年各月蒸发降水干燥度变化图

Fig. 5 Monthly changes of the aridity index of evaporation to rainfall at Hefei station in 1998

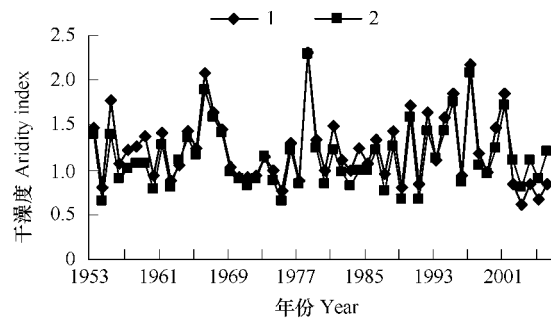


图 4 合肥站历年蒸降干燥度指数与积温干燥度指数变化图

Fig. 4 Yearly changes of the aridity index of evaporation to rainfall and accumulated temperature at Hefei station during 1953–2006

1 蒸降干燥度 Aridity index of evaporation to rainfall; 2 积温干燥度 Aridity index of accumulated temperature

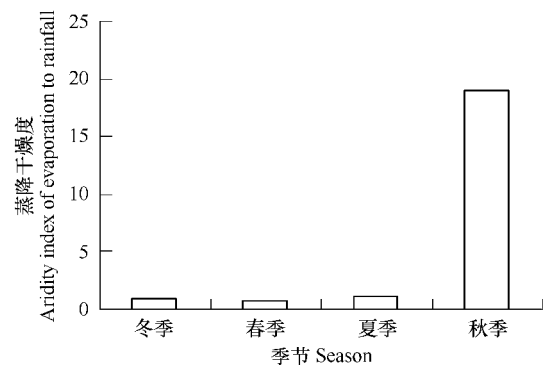


图 6 合肥站 1998 年各季节蒸发降水干燥度变化图

Fig. 6 Quarterly changes of aridity index of evaporation to rainfall at Hefei station in 1998

1998 年内干燥度变化趋势也反映了蒸发降水干燥度指数实际应用的可行性和操作简便的特点。由此可见,蒸发降水干燥度指数和积温干燥度指数在数值上虽不完全相同,但差异不大。在气候分析和区划等应用层面上,完全可以采用蒸发降水干燥度指数对气象资料进行整理、统计和分析,以反映气候的干湿情况和变化特征。

(2) 说明

蒸发降水干燥度指数相对于所需数据繁多的 Penman 干燥度来说,计算简单、适用方便,并且符合我国实际情况;蒸发降水干燥度还可以弥补积温干燥度在温度低于 10℃ 时的缺失情况,以致在冬季同样可以分析农业水分气候条件,而不受季节限制,扩大了应用范围。另外蒸发降水干燥度指数所需的各季节蒸发和降水资料均可直接从气象常规观测资料中获取,从而避免了资料查找整理统计等诸多繁琐过程。

一般说来,研究者采用不同方法,建立的干燥度指数很难具有可比性及参照性,从而使得相关数据只能“各自为政”,客观上得不到充分地利用。而确定地区的干燥度变化趋势是确定的,故不同定义下求得的干燥度所呈现出的变化趋势也必然相同。根据 Norman J. Rosenberg 的进一步理解,所有不同定义下的干燥度的变化趋势在确定地区相当长时间内必然存在相关性^[14]。而采用蒸发降水干燥度指数进行气候分析、区划和评估等时,所得结论与积温干燥度指数是一致的。从而证实了蒸发降水干燥度指数的可行性和实用性。

本文试图寻求蒸发降水干燥度与积温干燥度相关关系,获得了较为满意的效果。利用现有蒸发和降水数据就可以比较简便地计算出蒸发降水干燥度指数,而且可以转换为积温干燥度。需要指出,由于分析论证的资料太多、工作量太大,文中所给的拟合方程是基于江淮地区的数据,对于其他地区则应根据当地气象数据做相关分析,以求得适用的干燥度计算式。

3 结论与讨论

利用相关分析和回归分析方法,对合肥 2003 年的温度资料进行了统计分析,并建立了最低、最高、平均温度和中值温度之间的回归模型。结果表明:最低、最高、平均温度和中值温度之间存在很好的相关性,回归模型的拟合优度都在 96.8% 以上,可以利用最低温度和最高温度对中值温度进行预测。此外,由于中值温度和平均温度的相关系数为 0.998,所拟合的回归模型 $y = 1.0026x - 0.4683$ 的优度达 99.63%,所以在某些农业生产和科学研究的实际应用中,可以用日中值温度来代替日平均温度。

根据相关气象数据,引进蒸降比概念,分析蒸降比与积温干燥度指数的相关性,求得两者之间的回归方程,进而建立了蒸发降水干燥度指数的计算公式 $Y_e = 0.282054 + 0.552118 E/r$ 。本式既可为干燥度计算提供简便的方法,也可扩大积温干燥度应用的时效范围。

本文分析研究的中值温度和干燥度指数,多是根据江淮地区资料进行的,对于其他地区还需要做进一步的相关分析和探讨,而且对其机理、误差和对比等还须进一步深入研究。

References:

- [1] Yan Z W, Zhang M L. On the recent change of the air temperature and the temperature range in China. *Chinese Science Bulletin*, 1992, 37 (14): 1295 — 1298.
- [2] Cai R J. The unitary linear regression analysis of chemical data. *Journal of Qinghai Normal University(Natural Science)*, 2005, 2: 13 — 15.
- [3] Mi H, Zhang W Z. Practical modern statistical analysis method and SPSS application. Beijing: Contemporary China Press, 2000: 121 — 131.
- [4] Meng M, Ni J, Zhang Z G. Aridity index and its applications in geo-ecological study. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(6): 853 — 861.
- [5] Yang J P, Ding Y J, Chen R S, *et al.* Spatial change of dry and wet climate boundary in China in the recent 50 years. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, 24(6): 731 — 736.
- [6] Sun Y L, Yan X D, Xie D T. Analyzing vegetation-climate interactions in China based on Budyko's indices. *Resource Science*, 2006, 28(3): 23 — 29.
- [7] Wang Y G, Jiang L X, Shi J, *et al.* The preliminary study of the regional division of rice production in Heilongjiang Province. *Heilongjiang Meteorology*, 2006, 1: 13 — 17.
- [8] Li Y B, Yang G H, Wang D X. Dry and wet climatic changes in recent decades in the source regions of Yangtze, Yellow and Lantcang Rivers. *Jour. of Northwest Sci-Tech Univ. of Agri. and For. (Nat. Sci. Ed.)*, 2006, 34(3): 73 — 77.
- [9] Sun L, Shen B Z, An G. A study of the variation and tendency of surface dry and wet state of northeast area in China. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 2003, 14(5): 542 — 552.
- [10] Sun F H, Yuan J. Recent 40 years inter-decadal fluctuation of dry and wet climate boundary and its cause in Liaoning Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(7): 1274 — 1279.
- [11] Jin L Y, Li J, Wang X, *et al.* The temporal and spatial distribution of surface dry-wet conditions over northwestern China in recent 50 years. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(6): 847 — 854.
- [12] Xue D Q, Wang J G, Wang X T, *et al.* Characteristic analysis of change into drought in Shandong Province. *Journal of Natural Disasters*, 2007, 16(3): 60 — 65.
- [13] Chen J W, Zhang Y X. Discussion on relation between humidity index and aridity degree. *Journal of Desert Research*, 16(1): 79 — 82.
- [14] Norman J. Rosenberg *Microclimate: The Biological Environment*. John Wiley & sons. 1974. *Microclimate: The Biological Environment*. translated by

HE Zhang-qi, SHI Lu-qing. Beijing: Science Press, 1982. 205—206.

参考文献:

- [1] 严中伟, 章名立. 近年来我国温度及其日较差的变化问题. 科学通报, 1992, 37 (14). 1295 ~ 1298.
- [2] 才让加. 化学数据的一元线性回归分析. 青海师范大学学报(自然科学版), 2005, 2: 13 ~ 15.
- [3] 米红, 张文璋主编. 实用现代统计分析方法与 SPSS 应用. 北京: 当代中国出版社, 2000: 121 ~ 131.
- [4] 孟猛, 倪健, 张治国. 地理生态学的干燥度指数及其应用评述. 植物生态学报, 2004, 28 (6): 853 ~ 861.
- [5] 杨建平, 丁永建, 陈仁升, 等. 50a 来我国干湿气候界线的空间变化分析. 冰川冻土, 2002, 24 (6): 731 ~ 736.
- [6] 孙艳玲, 延晓冬, 谢德体. 基于布迪科指标的中国植被-气候关系研究. 资源科学, 2006, 28 (3): 23 ~ 29.
- [7] 王育光, 姜丽霞, 石剑, 等. 黑龙江省水稻生产区域划分的初步研究. 黑龙江气象, 2006, 1: 13 ~ 17.
- [8] 李铁冰, 杨改河, 王得祥. 江河源区四十多年来干湿变化分析. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34 (3): 73 ~ 77.
- [9] 孙力, 沈柏竹, 安刚. 中国东北地区地表干湿状况的变化及趋势分析. 应用气象学报, 2003, 14 (5): 542 ~ 552.
- [10] 孙凤华, 袁健. 近 40 年来辽宁地区气候干湿界线年代际波动及其原因. 应用生态学报, 2006, 17 (7): 1274 ~ 1279.
- [11] 靳立亚, 李静, 王新, 等. 近 50 年来中国西北地区干湿状况时空分布. 地理学报, 2004, 59 (6): 847 ~ 854.
- [12] 薛德强, 王建国, 王兴堂, 等. 山东省的干旱化特征分析. 自然灾害学报, 2007, 16 (3): 60 ~ 65.
- [13] 陈建伟, 张煜星. 湿润指数与干燥度关系的探讨. 中国沙漠, 1996, 16 (1): 79 ~ 82.
- [14] Norman J. Rosenberg Microclimate: The Biological Environment. John Wiley & sons. 1974. 何章起, 施鲁青译. 小气候——生物环境. 北京: 科学出版社, 第一版. 1982: 205 ~ 206.