

贵州省土壤水分状况估算及分析

陆晓辉¹, 董宇博¹, 涂成龙², 王 济¹

(1. 贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵阳 550001;

2. 中国科学院地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002)

摘要: 土壤水分是重要的土壤内在属性,亦是土壤系统分类工作中重要基础性诊断特征。将贵州省 86 个气象站点地面气候数据与土壤可能蒸散量模型、月干燥度和年干燥度计算公式相结合,依据中国土壤系统分类对土壤水分状况的分级要求,对贵州省土壤水分状况进行初步评判,同时探讨土壤干燥度与可能蒸散量、降水量及温度间的相互关系。结果表明,贵州省土壤水分状况包括湿润和常湿润两种类型,51 个县(市)的土壤属于“湿润”水分状况,其余 35 个县(市)土壤属于“常湿润”水分状况。自西向东,贵州省土壤水分状况由“湿润”逐渐演变为“常湿润”,中部区域为两种土壤水分状况同时存在。相较于地区性降水量,可能蒸散量对土壤干燥度影响更大;与年均气温相比,年可能蒸散量与年均地表温度相关性更强。将贵州省土壤水分状况作为诊断特性应用于土壤系统分类时,应综合分析成土环境条件。

关键词: 土壤水分状况; 土壤系统分类; 贵州省

中图分类号: S154.4 文献标识码: A 文章编号: 1672-9250(2018)01-0089-07 doi: 10.14050/j.cnki.1672-9250.2018.46.012

土壤水分是土壤内部物质能量循环过程中重要的组成部分,与生态退化、水土保持密切相联,在促进土壤形成和发育过程中起到不可忽视的作用,是土壤系统分类工作中基础性量化指标之一^[1]。在世界范围内,土壤水分作为土壤诊断特性,已被世界各地土壤学家广泛接受^[2]。土壤系统分类中,用年内各时期土壤内或某土层内地下水或 <1 500 kPa 张力持水量的有无或多寡表征土壤水分状况^[3],这需要长期连续的土壤水分观测。在数据缺失的情况下,可以用气候资料估算土壤水分状况,常利用土壤干燥度这一量化指标来判断土壤水分状况^[3]。

干燥度即一定时期(月或年)的可能蒸散量与同期降水量之比^[4]。可能蒸散量又称潜在蒸散量,是指在下垫面足够湿润条件下,水分保持充分供应的蒸发量^[5]。一般认为,可能蒸散量受太阳辐射率、地形地貌、地表植被类型及覆盖度、太阳辐射总量、土壤性质、土壤平均含水量等多种环境因素综合影响^[6-7],难以直接观测^[4],通常依据气候资料进行估算。Penman 公式^[8]较为流行,但推

荐的土壤可能蒸散量与水面蒸发量比值是应用于英格兰南部的暂定值,不尽符合中国情况^[4]。我国科研工作者从各自研究角度出发,对可能蒸散量进行了一系列研究。陈建飞^[9]通过对 Penman 公式的详尽分析,寻求机械性水面蒸发器与可能蒸散量间的关系;付新峰等人^[10]通过使用 NOAA 数据、DEM 数据结合气象数据对 Penman 公式进行修正,计算雅鲁藏布江流域可能蒸散量情况;张新时^[11]通过对植物群落间相关定量分析,探讨可能蒸散量与植被-气候间联系;刘多森和汪枏生^[12]以水面蒸发模型为基础,运用流体动力学原理,演绎推理月可能蒸散量和年可能蒸散量的模型。

由于土壤可能蒸散量模型在参数估计上以土壤剖面性状为思考基础,故被认为是迄今估计中国土壤系统分类诊断特性-土壤水分状况方面最成功的模型^[4]。本文将利用贵州省 86 个气象站的数据资料,通过适用于中国土壤条件特点的土壤可能蒸散量模型和干燥度计算公式,估算贵州省不同县(市)的土壤水分状况。本研究成果将

收稿日期: 2016-12-30; 改回日期: 2017-05-02

基金项目: 国家重大研究计划项目(2013CB956702); 国家自然科学基金项目(41261058、41571130041); 水利部公益性项目(2014050); 贵州省社发项目(黔科合 SY 字[2012]3042)。

第一作者简介: 陆晓辉(1977-),女,副教授,主要从事土壤地理研究。E-mail: lu_xiaohui@126.com.

为贵州省土壤系统分类研究提供诊断特性方面的必要依据。

1 材料与方法

1.1 数据及其来源

以《贵州省地面气候资料(1951/71-1980)》^[13]为基础数据源,引用各站点月平均气压、月平均气温、月平均相对湿度、月降水量、月平均风速等数据。

1.2 估算方法

关于*i*月份的干燥度 K_i 和年干燥度 K 的计算公式^[4]如下:

$$K_i = E_{T_i} / r_i \quad (1)$$

$$K = E_{TA} / R \quad (2)$$

式中 K_i 代表月干燥度, E_{T_i} 代表*i*月份可能蒸散量(mm), r_i 为*i*月份降水量(mm); K 代表年干燥度, E_{TA} 代表年可能蒸散量(mm), R 为年降水量(mm)。

可能蒸散量模型^[4]:

$$E_{T_i} = \frac{22d_i(1.6 + U_i^{1/2})W_{oi}(1 - h_i)}{P_i^{1/2}(273.2 + t_i)^{1/4}} \quad (3)$$

$$E_{TA} = 22 \sum_{i=1}^{12} \frac{d_i(1.6 + U_i^{1/2})W_{oi}(1 - h_i)}{P_i^{1/2}(273.2 + t_i)^{1/4}} \quad (4)$$

式中 E_{T_i} 代表月可能蒸散量(mm), E_{TA} 代表年可能蒸散量(mm), P_i 代表*i*月份平均气压(mb), t_i 代表*i*月份平均气温(°C), d_i 代表*i*月份的日数, U_i 代表*i*月份平均风速(m/s), W_{oi} 代表当温度 t_i 时的饱和水汽压(mmHg), h_i 为*i*月份以小数计的平均相对湿度。

饱和水汽压 W_o 对于温度 t 的计算公式^[4]:

$$W_o = 1.3694 \times 10^9 \exp\left(-\frac{5328.9}{273.2 + t}\right), \quad \text{当 } 0^\circ\text{C} < t \leq 30^\circ\text{C}; \quad (5)$$

$$W_o = 2.6366 \times 10^{10} \exp\left(-\frac{6139.8}{273.2 + t}\right), \quad \text{当 } -40^\circ\text{C} \leq t \leq 0^\circ\text{C}; \quad (6)$$

1.3 数据处理与空间化

基于中国土壤系统分类对土壤水分的定量化标准要求^[3](表1),通过Arcgis 10.1软件Kriging法对86个气象站点代表区域的土壤水分状况进行空间内插,绘制贵州省土壤水分状况空间分布图。将土壤年干燥度、年可能蒸发量、年降水量、年均气温和年均地表温度等参数进Pearson相关分析,探

讨土壤干燥度与影响因素的关系。

表1 土壤系统分类中土壤水分分类要求
Table 1 Classification of soil moisture in CST

干燥度划分	土壤水分状况
$K > 3.5$	干旱
$1 < K < 3.5$	半干旱
$K < 1$ 但 K_i 并不都 < 1	湿润
$K < 1$ 且 $K_i < 1$	常湿润

2 结果与分析

2.1 贵州省土壤干燥度变化

贵州省86个气象站点代表区域的土壤月干燥度和年干燥度情况见表2。贵州省所有区域土壤年干燥度均小于1,月干燥度则表现出一定的时空差异。在5月~10月,全省各地区气象活动频繁,土壤干燥度较低,各站点土壤干燥度均小于1;进入11月份,全省气温降低,降水明显减少,土壤干燥度升高,干燥度大于1的时段主要集中在秋末、冬季和初春(11月~3月);进入4月后气温逐渐升高,降水也明显增多,土壤干燥度随之降低,但个别区域(如赫章、威宁、盘县、兴义、册亨)的土壤干燥度仍大于1。从空间差异来看,出现土壤月干燥度大于1的站点有毕节(大方除外)、六盘水、黔西南、黔南(瓮安、福泉和独山除外)、安顺、贵阳绝大部分(开阳、修文除外)、遵义(道真、正安、桐梓、仁怀、余庆)、铜仁(沿河、印江、思南、石阡)和黔东南(镇远、施秉、黄平、榕江)等站点。

2.2 贵州省土壤水分状况

年干燥度和月干燥度是衡量地区性土壤水分状况的量化指标^[3]。根据中国土壤系统分类对土壤水分的定量化标准要求,贵州省86个气象站点所代表区域的土壤水分状况见表3。51个县(市)年干燥度 < 1 ,但月干燥度不都 < 1 ,属于“湿润”土壤水分状况,主要包括六盘水、黔西南和安顺的全部;毕节(除大方外)、黔南(除瓮安、福泉和独山外)和贵阳(除开阳、修文外)绝大部分区域;遵义(道真、正安、桐梓、仁怀、余庆)、铜仁(沿河、印江、思南、石阡)和黔东南(镇远、施秉、黄平、榕江)的少部分区域。其余35个县(市)的年干燥度 < 1 ,且每月干燥度均 < 1 ,属于“常湿润”土壤水分状况。主要包括黔东南、铜仁和遵义大部分区域,以及黔南州、贵阳和毕节个别区域。

表 2 贵州省土壤干燥度
Table 2 Soil aridity index in Guizhou Province

站名	干燥度												年干燥度
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
道真	1.18	1.08	0.73	0.38	0.26	0.29	0.56	0.58	0.40	0.26	0.39	0.96	0.38
赤水	0.50	0.56	0.86	0.62	0.35	0.31	0.52	0.56	0.36	0.29	0.33	0.42	0.39
正安	1.46	1.26	1.00	0.47	0.30	0.31	0.76	0.81	0.56	0.34	0.49	1.14	0.48
务川	0.98	0.88	0.57	0.31	0.24	0.22	0.58	0.63	0.37	0.27	0.36	0.74	0.36
习水	0.39	0.44	0.59	0.41	0.24	0.20	0.43	0.41	0.29	0.25	0.33	0.33	0.28
桐梓	1.26	1.39	1.03	0.59	0.33	0.35	0.57	0.55	0.53	0.38	0.59	1.11	0.47
遵义	0.84	0.72	0.59	0.31	0.25	0.21	0.54	0.45	0.39	0.25	0.33	0.57	0.32
绥阳	0.94	0.89	0.76	0.36	0.27	0.24	0.61	0.46	0.44	0.30	0.42	0.74	0.36
仁怀	1.03	0.74	1.54	0.64	0.18	0.34	0.95	0.69	0.60	0.48	1.24	0.71	0.56
湄潭	0.81	0.81	0.63	0.37	0.25	0.28	0.50	0.47	0.51	0.31	0.40	0.78	0.37
遵义	0.72	0.81	0.81	0.45	0.30	0.28	0.57	0.53	0.53	0.28	0.39	0.68	0.40
遵义县	0.70	0.79	0.85	0.43	0.29	0.32	0.66	0.59	0.52	0.35	0.44	0.70	0.41
余庆	1.14	1.13	0.82	0.37	0.32	0.32	0.56	0.51	0.67	0.42	0.55	1.09	0.45
沿河	1.21	1.04	0.67	0.35	0.25	0.26	0.59	0.78	0.55	0.35	0.47	0.86	0.44
德江	0.99	0.88	0.60	0.28	0.22	0.21	0.50	0.60	0.41	0.28	0.36	0.71	0.34
松桃	0.54	0.43	0.38	0.22	0.20	0.25	0.55	0.52	0.54	0.31	0.34	0.58	0.31
印江	1.32	1.06	0.70	0.37	0.32	0.27	0.74	0.62	0.69	0.39	0.51	1.06	0.46
思南	1.10	0.97	0.79	0.40	0.27	0.33	0.71	0.79	0.81	0.41	0.49	1.00	0.48
铜仁	0.60	0.56	0.59	0.34	0.28	0.32	0.76	0.80	0.76	0.32	0.37	0.51	0.40
思南塘头	0.60	0.56	0.59	0.34	0.28	0.32	0.76	0.80	0.76	0.32	0.37	0.51	0.40
铜仁	0.68	0.58	0.44	0.22	0.20	0.28	0.52	0.55	0.97	0.36	0.40	0.80	0.39
江口	0.68	0.55	0.42	0.22	0.23	0.24	0.59	0.42	0.65	0.33	0.38	0.64	0.33
石阡	1.10	0.96	0.83	0.37	0.31	0.34	0.92	0.77	0.90	0.46	0.56	1.01	0.51
铜仁万山	0.29	0.25	0.15	0.21	0.15	0.27	0.50	0.46	0.65	0.38	0.30	0.48	0.29
玉屏	0.52	0.39	0.38	0.27	0.22	0.36	0.70	0.57	0.89	0.36	0.35	0.57	0.37
金沙	0.75	0.74	1.12	0.56	0.39	0.35	0.58	0.49	0.46	0.34	0.54	0.66	0.42
毕节	0.69	0.82	1.33	0.68	0.38	0.30	0.39	0.33	0.38	0.41	0.56	0.80	0.36
大方	0.44	0.50	0.96	0.61	0.27	0.23	0.37	0.36	0.30	0.32	0.46	0.44	0.31
赫章	2.72	3.08	3.71	1.14	0.63	0.35	0.51	0.34	0.39	0.61	1.12	2.39	0.58
黔西	1.03	0.98	1.57	0.61	0.34	0.27	0.52	0.50	0.44	0.40	0.70	0.86	0.43
威宁	2.28	2.68	4.24	1.49	0.52	0.24	0.27	0.29	0.27	0.36	0.95	2.11	0.48
纳雍	0.67	0.69	1.51	0.54	0.32	0.21	0.38	0.34	0.30	0.32	0.47	0.60	0.34
织金	0.95	0.89	1.44	0.54	0.25	0.19	0.31	0.32	0.29	0.30	0.53	0.77	0.31
岑巩	0.71	0.64	0.51	0.26	0.21	0.28	0.56	0.49	0.96	0.35	0.38	0.69	0.37
镇远	0.91	0.76	0.70	0.36	0.25	0.33	0.57	0.55	0.92	0.42	0.48	1.05	0.44
施秉	1.10	0.91	0.92	0.43	0.30	0.34	0.61	0.63	0.75	0.50	0.61	1.12	0.50
黄平旧州	0.79	0.80	0.68	0.32	0.25	0.30	0.51	0.49	0.52	0.37	0.45	0.80	0.38
三穗	0.54	0.45	0.42	0.26	0.20	0.27	0.50	0.34	0.60	0.30	0.36	0.62	0.33
天柱	0.38	0.31	0.31	0.21	0.20	0.27	0.52	0.50	0.64	0.35	0.26	0.46	0.31
黄平	0.63	0.72	0.66	0.28	0.20	0.25	0.72	0.57	0.48	0.46	0.53	1.14	0.38
台江	0.66	0.63	0.60	0.31	0.25	0.30	0.46	0.41	0.56	0.39	0.43	0.73	0.38
黔东南	0.31	0.25	0.28	0.18	0.16	0.23	0.40	0.42	0.56	0.33	0.26	0.39	0.27
凯里炉山	0.66	0.61	0.56	0.26	0.21	0.26	0.45	0.46	0.69	0.35	0.38	0.62	0.35
凯里	0.93	0.81	0.79	0.35	0.25	0.30	0.59	0.53	0.79	0.46	0.55	0.97	0.45
麻江	0.55	0.52	0.50	0.29	0.22	0.24	0.37	0.42	0.55	0.33	0.36	0.57	0.32
剑河	0.77	0.63	0.58	0.30	0.20	0.25	0.47	0.40	0.65	0.37	0.40	0.79	0.36
雷山	0.87	0.82	0.75	0.32	0.24	0.28	0.41	0.38	0.77	0.42	0.43	0.82	0.38
黎平	0.38	0.31	0.35	0.26	0.22	0.31	0.56	0.46	0.65	0.36	0.33	0.44	0.32
丹寨	0.73	0.59	0.46	0.27	0.20	0.21	0.24	0.32	0.54	0.40	0.51	0.73	0.31
榕江	1.01	0.78	0.73	0.41	0.27	0.25	0.37	0.36	0.88	0.51	0.57	0.97	0.42
从江	0.80	0.73	0.62	0.38	0.29	0.28	0.50	0.46	0.80	0.57	0.52	0.75	0.45
安顺	1.06	0.95	1.16	0.42	0.28	0.21	0.33	0.31	0.39	0.35	0.56	0.79	0.35
普定	1.69	1.37	1.91	0.61	0.31	0.20	0.29	0.31	0.38	0.34	0.78	1.10	0.37

续表 2

站名	干燥度												年干燥度
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
安顺	1.15	1.16	1.48	0.62	0.25	0.22	0.27	0.34	0.46	0.39	0.70	0.90	0.36
镇宁	1.47	1.50	2.17	0.62	0.35	0.21	0.26	0.31	0.44	0.39	0.70	1.23	0.39
关岭	1.21	1.14	1.65	0.67	0.45	0.22	0.26	0.26	0.35	0.30	0.66	1.04	0.38
紫云	1.60	1.59	1.59	0.55	0.30	0.24	0.25	0.28	0.56	0.39	0.70	1.17	0.41
瓮安	0.67	0.63	0.60	0.31	0.24	0.25	0.49	0.39	0.48	0.33	0.41	0.59	0.34
福泉	0.61	0.51	0.58	0.34	0.24	0.26	0.43	0.43	0.50	0.36	0.38	0.83	0.35
贵定	1.23	1.07	1.02	0.42	0.28	0.30	0.49	0.44	0.54	0.42	0.52	0.96	0.42
龙里	1.65	1.46	1.38	0.47	0.31	0.31	0.45	0.49	0.56	0.45	0.66	1.22	0.47
都匀	1.00	0.79	0.71	0.35	0.24	0.23	0.35	0.38	0.54	0.36	0.47	0.80	0.37
惠水	1.48	1.37	1.33	0.52	0.32	0.27	0.30	0.37	0.51	0.47	0.68	1.21	0.44
长顺	1.10	1.09	1.03	0.40	0.30	0.21	0.19	0.26	0.42	0.35	0.57	0.84	0.32
三都	1.09	1.00	0.84	0.36	0.25	0.25	0.35	0.33	0.68	0.39	0.50	0.95	0.39
独山	0.89	0.69	0.52	0.35	0.21	0.24	0.29	0.34	0.54	0.45	0.55	0.93	0.35
平塘	1.40	1.39	1.07	0.39	0.31	0.24	0.31	0.31	0.63	0.40	0.64	1.11	0.41
罗甸	2.80	2.60	1.97	0.95	0.33	0.32	0.36	0.35	0.72	0.65	0.99	2.05	0.58
荔波	1.59	1.23	1.08	0.50	0.32	0.23	0.22	0.23	0.65	0.59	0.85	1.46	0.42
乌当	1.09	1.08	1.02	0.47	0.29	0.24	0.43	0.48	0.53	0.36	0.49	0.84	0.54
贵阳	1.69	1.45	1.35	0.54	0.47	0.33	0.43	0.56	0.98	0.46	0.54	0.88	0.53
花溪	1.18	1.05	1.05	0.47	0.32	0.26	0.39	0.43	0.57	0.40	0.55	0.90	0.42
息烽	0.75	0.78	1.06	0.50	0.28	0.26	0.71	0.57	0.48	0.33	0.41	0.60	0.40
开阳	0.42	0.41	0.55	0.30	0.19	0.20	0.47	0.48	0.40	0.29	0.31	0.38	0.29
修文	0.86	0.90	0.96	0.40	0.24	0.20	0.39	0.42	0.43	0.34	0.43	0.63	0.33
清镇	1.02	0.90	1.04	0.41	0.23	0.19	0.36	0.38	0.45	0.33	0.46	0.64	0.34
水城	0.97	1.07	2.24	0.82	0.41	0.19	0.25	0.24	0.24	0.27	0.58	0.92	0.34
六枝	1.04	0.98	1.65	0.64	0.31	0.17	0.22	0.23	0.23	0.27	0.62	0.77	0.28
盘县	1.78	1.81	3.35	1.70	0.48	0.20	0.24	0.21	0.23	0.32	0.80	1.66	0.43
晴隆	0.66	0.74	1.48	0.73	0.35	0.18	0.20	0.24	0.28	0.26	0.54	0.60	0.30
普安	0.78	0.96	1.78	0.95	0.40	0.20	0.20	0.19	0.20	0.26	0.51	0.82	0.32
兴仁	1.06	1.16	1.99	0.99	0.36	0.22	0.27	0.24	0.31	0.33	0.59	1.05	0.39
贞丰	1.28	1.28	1.69	0.80	0.41	0.24	0.20	0.22	0.33	0.42	0.63	1.00	0.40
望谟	1.42	1.74	1.93	0.72	0.31	0.22	0.22	0.24	0.58	0.40	0.61	1.16	0.40
安龙	1.35	1.49	1.75	0.81	0.36	0.24	0.24	0.24	0.41	0.52	0.75	0.48	0.41
兴义	1.09	1.38	2.65	1.41	0.54	0.20	0.20	0.25	0.36	0.42	0.67	1.19	0.41
册亨	1.46	1.71	2.01	1.27	0.36	0.24	0.28	0.31	0.47	0.62	0.82	1.42	0.47

2.3 土壤干燥度与影响因素相关分析

对 86 个气象站点土壤年干燥度、年可能蒸发量、年降水量、年均气温和年均地表温度等参数进行 Pearson 相关分析(表 4)。土壤干燥度与年可能蒸散量、年均气温和年均地表温度呈极显著正相关,与年降水量呈极显著负相关;年可能蒸散量与年均气温和年均地表温度呈极显著正相关;年均气温与年均地表温度呈极显著正相关。

3 讨论

3.1 贵州省土壤水分状况的地理分布

通过对贵州省地势特点与贵州省土壤水分状况空间分布情况(图 1)的综合分析,获得贵州省土壤水分状况地理分布规律为:西部高海拔区域(毕

节、六盘水和黔西南)以湿润的土壤水分状况为主,东部低海拔区域(铜仁、黔东南绝大部分)以常湿润的土壤水分状况为主,而中部区域为两种土壤水分状况相间存在。即贵州省土壤水分状况的地理分布规律总体与西高东低的地貌特征相对应。

贵州省位于云贵高原向东部湖南低山丘陵过渡的梯级状斜坡地带,其地势西高东低。西部为高原,西部威宁一带,海拔在 2 200~2 400 m 以上;中部为丘原和山原,贵阳、遵义降至 800~1 200 m;东部为低山丘陵,铜仁、玉屏海拔降至 500 m 以下^[14]。

贵州西部高原区,太阳辐射、地面蒸发和平均气温等环境条件严苛^[15],在降水分配不足的月份,土壤干燥度易发生极端变化(如水城 3 月土壤干燥度达 2.24;盘县 3 月达 3.35;兴义干燥度最大值

表 3 贵州省各县市气象站所在地的土壤水分状况
Table 3 Soil moisture regime at various county-level meteorological stations in Guizhou

土壤水分状况	地区	地点
常湿润	遵义	赤水、务川、习水、凤岗、绥阳、湄潭、遵义、遵义县
	铜仁	德江、松桃、思南塘头、铜仁、江口、铜仁万山、玉屏
	毕节	大方
	黔东南	岑巩、黄平旧州、三穗、天柱、台江、锦屏、凯里、炉山、凯里、麻江、剑河、黎平、丹寨、从江
	黔南	瓮安、福泉、独山
贵阳	开阳、修文	
湿润	遵义	道真、正安、桐梓、仁怀、余庆
	铜仁	沿河、印江、思南、石阡
	毕节	金沙、毕节、赫章、黔西、威宁、纳雍、织金
	黔东南	镇远、施秉、黄平、榕江
	安顺	平坝、普定、安顺、镇宁、关岭、紫云
	黔南	贵定、龙里、都匀、惠水、长顺、三都、平塘、罗甸、荔波
	贵阳	乌当、贵阳、花溪、息烽、清镇
	六盘水	水城、六枝、盘县
	黔西南	晴隆、普安、兴仁、贞丰、望谟、安龙、兴义、册亨

表 4 干燥度与影响因素相关分析
Table 4 Pearson correlation between soil aridity index and the influences

因子	干燥度	年可能蒸散量	年降水量	年均气温
干燥度	1			
年可能蒸散量/mm	0.73**	1		
年降水量/mm	-0.58**	0.12(ns)	1	
年均气温/℃	0.38**	0.59**	0.10(ns)	1
年均地表温度/℃	0.43**	0.63**	0.08(ns)	0.98**

注: ** ($P < 0.01$); ns ($P > 0.05$)

为 2.65; 赫章和威宁干燥度最大值分别为 3.71 和 4.24) 故贵州西部高原区六盘水、黔西南的全部、毕节(除大方外)呈现“湿润”的土壤水分状况。但在个别地区,如毕节的大方,虽风速、气压、湿度等环境因素与周边地区相近,但月平均气温较低,降水也较为丰沛,故该区域月干燥度均小于临界值“1”,土壤水分状况为“常湿润”。

贵州东部为低山丘陵,该区域海拔高度相较于西部高原面,普遍较低,属于第三级梯面,气候状况更为稳定,地区性各月份降水也较为均匀,极端干旱情况较少出现,区域干燥度差异不大,土壤水分状况呈现“常湿润”状态,主要包括黔东南和铜仁大部分区域。但在某些区域,由于个别月份平均气温略高或降水量稍少造成土壤干燥度大于“1”,如:黔东南的镇远(12月土壤干燥度 1.05)、施秉(12月和 1月土壤干燥度分别为 1.12 和 1.10)、黄平(12月

土壤干燥度 1.14) 和榕江(1月土壤干燥度 1.01); 铜仁的沿河(1月和 2月土壤干燥度分别为 1.21 和 1.04)、印江(1月和 2月土壤干燥度分别为 1.32 和 1.06)、思南(1月土壤干燥度为 1.10)和石阡(12月和 1月土壤干燥度分别为 1.01 和 1.10)。上述区域土壤年干燥度均小于标准值“1”,但冬季个别月份土壤干燥度略大于标准值“1”,故认定为“湿润”土壤水分状况区。

贵州中部为丘原和山原地貌,土壤“湿润”和“常湿润”水分状况相间分布。安顺的全部、黔南(瓮安、福泉和独山除外)、贵阳(开阳、修文除外)绝大部分区域;遵义(道真、正安、桐梓、仁怀、余庆)少部分区域属于湿润土壤水分状况;其他区域则属于常湿润土壤水分状况。

3.2 贵州省土壤干燥度影响因素分析

在喀斯特地区,人们习惯上认为降水量高的区域,土壤水分含量高,干燥程度较低;降水量低的区域,土壤水分含量不足,干燥程度较高^[16-18]。实际情况并非如此,如锦屏土壤年干燥度为贵州省最低(0.27),但该区域并不是降水最丰沛的地区(年降水量 1326.2 mm);晴隆是贵州省年降水量最高的区域(年降水量 1588.0 mm),但土壤年干燥度为 0.30,并非最低值。贵州省土壤干燥度、可能蒸散量与降水量相关分析结果表明,土壤干燥度与年降水量呈极显著负相关($P = 0.58$),与年可能蒸散量呈极显著正相关($P = 0.73$),说明在分析土壤水分状况时,不仅要考虑地区性降水量,还要考虑受多种气象因素影响的可能蒸散量,且可能蒸散量与干燥度的相关性比降水量更密切。综上,在贵州省境内,地区性降水量和可能蒸散量同时影响土壤干燥度,但由于贵州地理环境条件复杂多变,在某些区域可能蒸散量对土壤干燥度影响更大。

土壤作为承载人类生命活动的载体,同时也是物质能量间相互沟通的历史自然体。经阳光辐射所吸收的能量,通过影响土壤水分蒸发达到干扰土壤水分变化的目的^[19]。但是控制土壤内部能量变化的因素很多,本研究选用年均气温、年均地表温度两个影响土壤能量变化指标,探究可能蒸散量与土壤内部能量之间的关系。结果表明,两者均与年可能蒸散量达到极显著相关水平,年可能蒸散量与年平均地表温度的相关性($P = 0.626$)大于其与年均气温的相关性($P = 0.593$)。同时,近地面的温度受能量辐射影响较大,更能够反映土壤内部能量

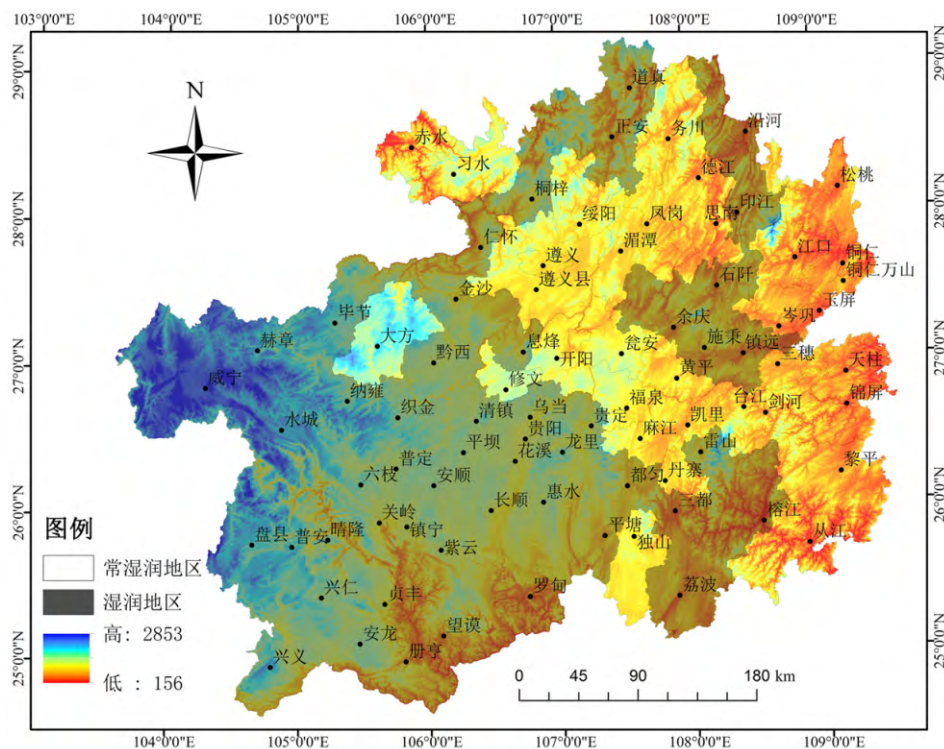


图1 贵州省土壤水分状况空间分布

Fig.1 Special distribution of soil moisture in Guizhou

变化。所以,在有地表温度记载的情况下,建议用年平均地表温度代替年平均气温来估算可能蒸散量,以得到更为精确的结果。

4 结论

1) 贵州省土壤水分状况包括湿润和常湿润两种类型。其中,51个县(市)的土壤水分状况属于“湿润”,主要包括六盘水、黔西南和安顺的全部;毕节(除大方外)、黔南(除瓮安、福泉和独山外)和贵阳(除开阳、修文外)绝大部分区域;以及遵义(道真、正安、桐梓、仁怀、余庆)、铜仁(沿河、印江、思南、石阡)和黔东南(镇远、施秉、黄平、榕江)的少部分区域。35个(市)土壤属于“常湿润”的水分状况,主要包括黔东南、铜仁和遵义大部分区域,以及黔南州、贵阳和毕节个别区域。

2) 贵州省土壤水分状况地理分布规律总体与西高东低的地貌特征相对应,自西向东,由湿润的

土壤水分状况逐渐演变为常湿润的土壤水分状况,中部区域为两种土壤水分状况相间分布。

3) 相较于地区性降水量,可能蒸散量对贵州土壤干燥度影响更大,不可盲目用降水量推测土壤水分状况;与年均气温相比,年可能蒸散量与年均地表温度相关性更强,在有地表温度记载的情况下,建议用年平均地表温度代替年平均气温来估算年可能蒸散量。

4) 本文获得小比例尺下贵州省土壤水分状况分布情况,对贵州省境内各县(市)土壤水分状况有了初步判定。但是,一方面贵州省地处我国西南山区,土壤母质种类繁多,地质地貌条件多样,影响土壤水分变化因素复杂;另一方面,气象站可代表各县(市)受大气候制约的广大区域,但不反映山地垂直带和微地形引起的变化情况。所以在将贵州省土壤水分状况作为诊断特性应用于土壤系统分类时,应综合分析成土环境条件。

参 考 文 献

- [1] 王改改. 丘陵山地土壤水分时空变化及其模拟[D]. 重庆: 西南大学, 2009.
- [2] 张甘霖, 龚子同. 土壤水分和温度状况类型区分最新进展[J]. 土壤学进展, 1993, 21(6): 14-20.
- [3] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组. 中国土壤系统分类检索(第3版) [M]. 合肥: 中国科学技术大学, 2001: 61-64.

- [4] 龚子同, 张甘霖, 陈志诚, 等. 土壤发生与系统分类[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 268-273.
- [5] 高国栋, 陆渝蓉, 李怀瑾. 我国最大可能蒸发量的计算和分布[J]. 地理学报, 1978, 33(2): 102-111.
- [6] 陈洪松, 聂云鹏, 王克林. 岩溶山区水分时空异质性及植物适应机理研究进展[J]. 生态学报, 2013, 33(2): 317-326.
- [7] 杜雪莲, 王世杰. 喀斯特高原区土壤水分的时空变异分析-以贵州清镇王家寨小流域为例[J]. 地球与环境, 2008, 36(3): 193-201.
- [8] Penman H L. A general survey of meteorology in agriculture and an account of the physics of irrigation control[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1949, 75(325): 293-302.
- [9] 陈健飞. 土壤水分和温度状况的估算[J]. 土壤, 1989, 21(3): 160-162.
- [10] 付新峰, 杨胜天, 刘昌明. 雅鲁藏布江流域潜在蒸散量计算方法[J]. 水利水电技术, 2006, 37(8): 5-8.
- [11] 张新时. 植被的 PE(可能蒸散) 指标与植被-气候分类(二)——几种主要方法与 PEP 程序介绍[J]. 植物生态学报, 1989, 13(3): 197-207.
- [12] 刘多森, 汪枞生. 可能蒸散量动力学模型的改进及其对辨识土壤水分状况的意义[J]. 土壤学报, 1996, 33(1): 21-27.
- [13] 贵州省气象局. 贵州省地面气候资料(1951/71-1980 累年值) [M]. 贵阳: 1981.
- [14] 贵州省土壤普查办公室. 贵州省土壤[M]. 贵阳: 贵州科学技术出版社, 1994: 3.
- [15] 邱扬, 傅伯杰, 王军, 等. 土壤水分时空变异及其与环境因子的关系[J]. 生态学杂志, 2007, 26(1): 100-107.
- [16] 张继光, 陈洪松, 苏以荣, 等. 喀斯特山区坡面土壤水分变异特征及其与环境因子的关系[J]. 农业工程学报, 2010, 26(9): 87-93.
- [17] 傅伟, 陈洪松, 王克林. 喀斯特坡地不同土地利用类型土壤水分差异性研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(5): 59-62.
- [18] 田雷, 杨胜天, 王玉娟. 基于遥感技术的贵州春季土壤水分空间分异研究[J]. 中国岩溶, 2007, 26(2): 111-118.
- [19] 左德鹏, 徐宗学, 程磊, 等. 基于辐射的潜在蒸散量估算方法适用性分析[J]. 干旱区地理, 2011, 34(4): 565-574.

Estimation of Soil Moisture Regime of Guizhou Province , China

LU Xiaohui¹ , DONG Yubo¹ , TU Chenglong² , WANG Ji¹

(1.School of Geographic and Environmental Sciences , Guizhou Normal University , Guiyang 550001 ,China; 2.State Key Laboratory of Environmental Geochemistry Institute of Geochemistry ,Chinese Academy of Sciences , Guiyang 550002 ,China)

Abstract: Soil moisture is not only an important part of soil properties ,but also an important diagnostic characteristic in Chinese Taxonomy. Base on the meteorological data from 86 stations in Guizhou Province ,China during the period from 1951/1971 to 1980 ,using the possible evaporation capacity model and the formulas of aridity index ,and according to indexes of Chinese Soil Taxonomy ,the soil moisture regime in Guizhou was estimated. Results show that Guizhou soil moisture regime can be divided into two categories of udic and perudic. Guizhou has 51 counties (cities) in the category of udic moisture regime ,and other counties (cities) in Guizhou Province are in the category of perudic moisture regime. From the west to the east ,udic moisture regime gradually evolved into perudic moisture regime. There were the two categories in the middle area of Guizhou. It seems that the influence of the possible evaporation capacity on soil aridity index is greater than the precipitation. The relationship between annual possible evaporation capacity and annual average surface temperature is stronger. It is essential to take soil forming environmental conditions into account for estimation of soil moisture regimes.

Key words: soil moisture regime; soil taxonomy; Guizhou Province