

民勤地区酸雨变化特征与沙尘的关系

王荣基, 李 军

(甘肃省民勤县气象局, 甘肃 民勤 733300)

摘要: 利用民勤国家基准气候站 1993—2012 年 20 a 的酸雨监测记录及对应时段的沙尘观测资料, 分析了民勤地区酸雨变化特征及降水 pH、K 值与沙尘天气的关系。结果表明: 酸雨在民勤一年中各个季节均有出现, 酸性偏弱, 出现频率小; 沙尘天气在一定程度上中和了降水的酸性, 使降水的 pH 趋于增大。

关键词: 酸雨; 特征; 沙尘; 关系; 民勤

中图分类号: P426.65 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)04-0026-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2015.04.008

酸雨是因人类活动(或火山爆发等自然灾害)导致区域降水酸化的一种污染现象, 对公众健康、工农业生产、生态环境以及全球变化都有重要的影响^[1]。有关酸雨的成因、分布及发展趋势, 我国学者开展了大量卓有成效的研究^[2~12]。人类活动或火山爆发等自然灾害排放的二氧化硫和氮氧化物等酸性气体, 进入大气后经过各种物理化学过程, 使雨、雾、雪和雹等酸化, 导致酸性湿沉降形成酸雨^[13]。有研究表明, 形成酸雨必须具备 3 个条件, 必要的污染源、特殊的地理环境、适当的气候条件, 这说明降水的酸度除受大气污染物和源场变化的影响外, 气象要素变化对降水酸度影响相当明显。我们在分析民勤地区酸雨特征的同时, 结合同步观测的沙尘天气监测资料, 分析了降水 pH 和 K 值与沙尘天气的关系, 对认识沙尘天气多发区的酸雨特征有一定帮助。

1 研究区概况

甘肃省民勤县地处河西走廊东北部, 东经 101° 49' 41" ~ 104° 12' 10"、北纬 38° 3' 45" ~ 39° 27' 37"。东、北、西三面环沙, 被腾格里和巴丹吉林两大沙漠包围, 是典型的干旱荒漠气候区, 干旱少雨、蒸发剧烈、风沙天气多、冬冷夏热、光照充足、昼夜温差大。年均降水量 110 mm, 蒸发量高达 2 644 mm; 年均气温 7.8 °C, 昼夜温差 25.2 °C; 年日照时数为 3 073.5 h, 无霜期 162 d。主导风向为 E 风和 WNW 风, E 风的上游是腾格里沙漠, WNW 风的上游是巴丹吉林沙漠。

2 资料来源及统计方法

研究资料来源于民勤国家基准气候站, 包括 1993—2012 年逐年每次有效降水起止时间、降水量、降水的 pH、电导率值(K); 逐月沙尘日数; 降水期间的天气现象、风向、风速等。2005 年以前 1 次降水过程结束后若降水量达到 1.0 mm 就采集 1 个降水样品, 测定降水的 pH 和 K 值; 2005 年以后, 每日 8:00 时为酸雨观测降水采样日界, 当日 8:00 时至次日 8:00 时为 1 个降水采样日。在 1 个降水采样日, 无论降水是否间歇及间歇长短, 降水量达到 1.0 mm 时, 必须采集 1 个降水样品。pH 平均值采用降水量氢离子浓度加权计算, K 平均值采用降水量加权方法计算, 采集方式不同对相关的统计分析并无影响。

《酸雨观测业务规范》对酸雨的定义及各种统计方法作了规定^[1], 酸雨是指 pH 小于 5.60 的大气降水。酸雨出现频率为 1 a 酸雨出现次数除以全年测量降水 pH 的总次数。

月(季、年)平均 pH 氢离子浓度 $[H^+]$ ——降水量加权法计算公式:

$$\overline{pH} = -\lg [\overline{H^+}]$$

$$[\overline{H^+}] = \frac{\sum [H^+]_i \times V_i}{\sum V_i}$$

式中 \overline{pH} 为降水量加权的月(季、年)平均 pH, $[H^+]_i$ 为每次降水的 pH 计算得到的氢离子浓度, $[\overline{H^+}]$ 为降水量加权的月平均氢离子浓度, 单位为 mol/L, V_i 为每次降水的降水量, 单位为 mm。

收稿日期: 2014-07-28

作者简介: 王荣基(1967—), 男, 甘肃民勤人, 工程师, 主要从事天气监测、预报及服务性工作。联系电话: (0)13195936983。
E-mail: gsmqwrj@126.com

月(季、年)平均 K 值的降水量加权计算公式:

$$\bar{K} = \frac{\sum K_i \times V_i}{\sum V_i}$$

式中 K_i 为每次降水的值, \bar{K} 为降水量加权的月(季、年)平均 K 值 (均为 25 °C 时的值), 单位为 $\mu\text{S}/\text{cm}$, V_i 为每次降水的降水量, 单位为 mm。

3 结果与分析

3.1 酸雨特征

1993—2012 年, 民勤国家基准气候站对 418 个降水样本测定了 pH 及 K 值, 其中达到酸雨标准的有 9 次(表 1), 其中 pH 最小的为 4.12, 出现在 2011 年 8 月 16 日; 最大为 5.40, 出现在 1998 年 8 月 14 日。在出现的 9 次酸雨中, 有 1 次为强酸雨 (pH<4.5), 其它均为弱酸雨, 酸雨的平均 pH 为 5.10, pH 变化幅度不大。酸雨主要出现在 1997—2001 年和 2009—2012 年, 1997—2001 年 5 a 内共出现 5 次, 2009—2012 年 4 a 共出现 4 次, 1 次强酸雨出现在此时段。1993—2012 年出现酸雨的年平均频率为 2.2%, 最大频率为 11.1%, 出现在 2001 年; 其次是 1998 年, 频率为 8.3%, 有 13 a 没有出现酸雨, 即出现频率为 0。从出现季节上看, 夏季出现 4 次, 出现频率为 2.1%; 秋季和冬季各出现 2 次, 出现频率分别为 1.9% 和 6.7%; 春季出现 1 次, 出现频率为 1.1%。由于民勤降水多出现于夏季(夏季降水占全年的 57.1%), 冬季出现降水较少(冬季降水占全年的 3.1%), 所以虽夏季出现酸雨的次数最多, 但出现频率却远低于冬季。民勤县为农业县, 周边及上游无工业污染, 且观测点所在地地势平坦, 当地的污染较小, 对降水的酸化程度极小, 为酸雨少发区, 但近年来酸雨有增多增强的趋势。

3.2 降水 pH 的变化特征

大气降水的酸碱度用 pH 表示, pH 是大气降水氢离子浓度的负对数。民勤 1993—2012 年逐次

降水的 pH 最大为 8.83, 出现于 1993 年 5 月 31 日。pH 大于 8.60, 即降水偏于碱性的降水只出现 1 次, 出现频率为 0.2%; pH 小于 5.60, 即降水偏于酸性的出现 9 次, 出现频率为 2.2%; 绝大部分降水 pH 为 5.60~8.60, 为中性降水, 出现频率为 97.4%。

图 1 为近 19 a 以来民勤降水年均 pH 及年总沙尘日数年际变化图。可以看出, 1993 年以来, 民勤降水年平均 pH, 1997—2002 年和 2009—2012 年处于低位, 9 次酸雨均出现在这两个时段, 2011 年平均 pH 最小, 为 5.60, 其中唯一 1 次强酸雨出现在 2011 年; 2006 年平均 pH 最大, 为 7.46。总体上年均 pH 呈略微减小的趋势。

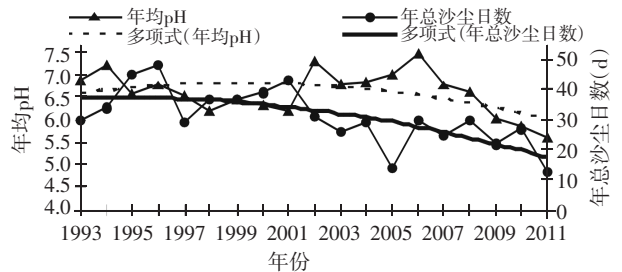


图 1 1993—2012 年民勤降水量加权的年均 pH 及年总沙尘日数变化

图 2 为民勤近 20 a 降水月平均 pH 与年沙尘日数月际变化图。从图中可以看出, 11 月份月平均 pH 最小为 5.91, 这是由于 11 月份出现 2 次酸雨, 同时 11 月份降水较少, 测量降水 pH 的样本少, 受 2 次酸雨影响, 使该月 pH 最小; 12 月份月平均 pH 最大, 为 7.28, 月平均 pH 无明显的变化趋势。月际变化从 10 月到 4 月呈逐月增大的趋势, 4 月到 10 月为逐月减小的趋势。

图 3 为民勤近 20 a 降水量季平均 pH 与季总沙尘日数变化图。由图 3 可见, 民勤春季降水平均 pH 最大, 夏季、秋季和冬季相当, 无明显的变化趋势。

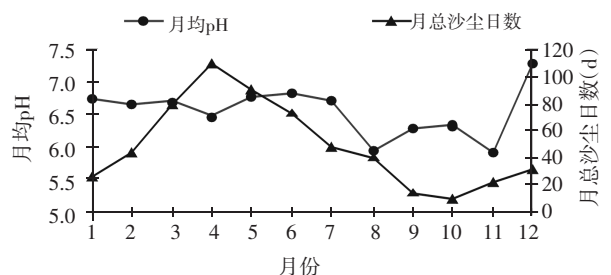


图 2 1993—2012 年民勤降水量加权的月均 pH 及月总沙尘日数变化

表 1 1993—2010 年民勤酸雨变化

日期 (年-月-日)	pH	K 值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	降水量 (mm)
1997-11-11	5.32	236.0	1.8
1998-08-14	5.40	82.5	3.4
1998-10-12	5.52	56.3	4.1
2001-04-22	5.21	155.0	3.3
2001-07-17	5.38	11.6	6.9
2009-08-24	5.28	14.3	16.5
2010-09-19	4.62	154.3	5.8
2011-08-16	4.12	78.8	3.5
2011-11-28	5.09	78.8	1.4

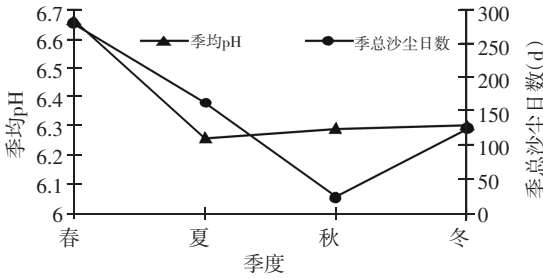


图3 1993—2012年民勤降水量加权的季平均pH及季总沙尘日数变化

3.3 降水量K值变化特征

大气降水的电导率也称为K值，它反映大气降水的洁净程度，大气中的各种污染气体和颗粒物的可溶成分进入降水后，使其导电能力增加，降水K值的大小，在一定程度上反映出降水中这些物质的总含量水平，也是降水被环境物质污染的指标之一。由于受大风沙尘天气的影响，民勤降水极易受到污染，从每次降水的K值上也有所反映，1993—2012年逐次有效降水的K值最小的为60.0，最大的达到336.0，变化幅度较大。

图4为1993—2012年民勤降水量年平均K值及年沙尘天气日数变化图。从图中可以看出，民勤降水量年平均K值1993年最小，只有32.2 μS/cm；2006年最大，达到101.3 μS/cm。1993年至2006年表现为增大的趋势，2006年之后又呈减小的趋势。

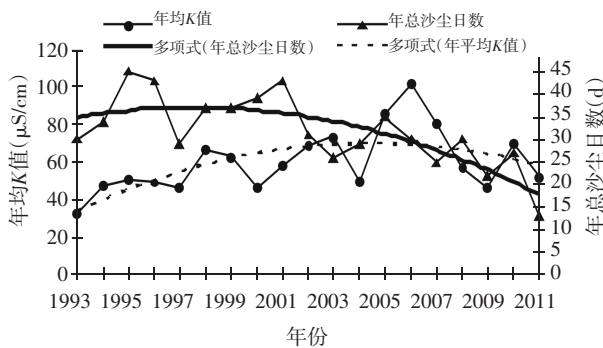


图4 1993—2012年民勤年均降水K值及年沙尘天气变化

图5为1993—2012年民勤降水月平均K值及月沙尘天气日数变化图。由图可见，民勤降水月平均K值2月份最大，为104.7 μS/cm；11月份次之，为97.8 μS/cm；10月份最小，为49.6 μS/cm。从1到10月为逐月减小的趋势，11月份较为异常，明显偏大，这是由于11月份降水较少，测量降水K值的样本少，其中有1次降水的K值较大，受其影响，11月份平均K值偏大。

图6为1993—2012年民勤季平均K值及季沙尘天气日数变化图。由图可见，季平均K值冬季最大，春季次之，秋季最小，夏季和秋季相当。

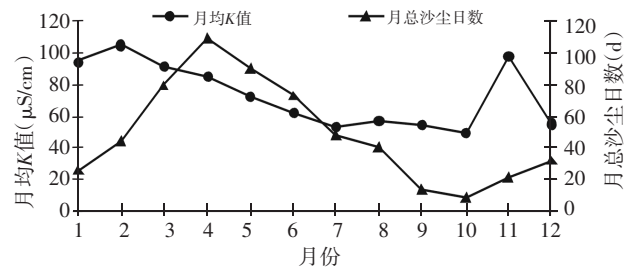


图5 1993—2012年民勤月均降水K值及月沙尘天气变化

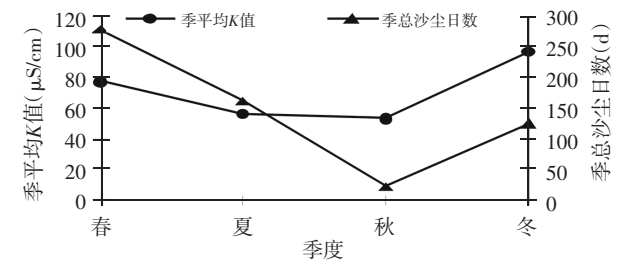


图6 1993—2012年民勤季均降水K值及季沙尘天气变化

3.4 降水pH、K值和沙尘天气的关系

3.4.1 降水pH与沙尘天气的关系 图1、图2和图3分别为民勤降水年、月和季的平均pH与对应时段沙尘日数的变化图。由图1可见，近20a民勤年平均pH为略微减小的趋势，年沙尘日数为明显减少的趋势。计算二者的相关性，相关系数为0.12，没有通过0.5的相关性检验，说明年平均pH与沙尘日数为正相关的关系，但相关性不显著。由于测定降水pH的样本数有限，有些年份所有测定降水pH的当日或前一日均没有沙尘天气，所以不能准确显示出降水pH和沙尘日数的关系，代表性不好，但两者的变化趋线基本一致。由图2可见，月平均pH与月总沙尘日数的变化基本趋于一致，沙尘日数多的月份对应月平均pH也趋于增大，计算两者的相关性，相关系数为0.28，通过0.5的相关性检验，说明两者为正相关的关系，相关关系显著。由于3、4月份沙尘天气较多（沙尘天气占全年的31.9%），而降水却较少（降水占全年的6.8%），1、11、12月份沙尘天气少（3个月沙尘日占全年的13.7%）、降水量小（3个月的降水占全年的2.1%），所以这几个月的对应关系不是很好，4月份还出现相反的对对应关系。由图3可见，季平均pH与沙尘日数的变化趋势基本一致，计算

二者的相关性, 相关系数为 0.80, 通过 0.2 的相关性检验, 说明降水的季平均 pH 与季沙尘日数为显著正相关关系。

为进一步说明降水 pH 与沙尘天气的关系, 分出现降水并测定降水 pH 的当日或前一日出现沙尘天气和没出现沙尘天气两种情况统计计算平均 pH, 得出有沙尘天气的降水平均 pH 为 6.94, 无沙尘天气的降水平均 pH 为 6.23; 有沙尘天气出现降水测定的 pH 比无沙尘天气出现降水测定的 pH 大, 说明沙尘天气下降水 pH 偏大。出现沙尘天气的前提条件是丰富的沙源和一定的风速, 沙尘天气的强弱与风速成正比例关系^[15-16]。在干旱且沙源丰富的民勤地区, 即使没有出现沙尘天气, 只要风速较大也会出现大量尘埃, 对降水 pH 产生影响, 所以选取测定降水 pH 当日的最大风速和降水 pH 作相关分析, 可反映沙尘与降水 pH 的关系。418 个样本中, 降水 pH 与最大风速的相关性为 0.22, 通过 0.001 的极显著相关性检验, 说明最大风速增大, 降水 pH 趋于增大, 反映为沙尘增多降水 pH 增大。

综合以上分析认为, 沙尘天气在一定程度上减弱降水的酸性, 使降水 pH 增大, 对酸雨的出现有抑制作用。

3.4.2 降水平均 K 值与沙尘天气的关系 图 4、图 5 和图 6 分别为民勤地区降水的年、月和季的平均 K 值与对应时段沙尘日数的变化图。由图 4 可以看出, 民勤降水年平均 K 值与年沙尘日数变化基本趋于一致, 由于受样本数的限制, 有些年份达到测定降水 K 值的样本中没有 1 次出现沙尘天气, 对应关系不好, 计算两者的相关性, 相关系数为 -0.08, 为负相关关系, 由于没有通过显著性检验, 所以相关关系不可靠, 但两者的变化趋势基本一致。从图 5 可以看出, 月平均 K 值与月沙尘日数变化基本趋于一致, 计算两者的相关性, 相关系数为 0.24, 为正相关关系, 通过 0.5 的显著性水平检验, 相关关系显著。由于 1、2、11、12 月份降水天气少, 降水量小, 且降水 K 值与降水量之间呈显著的反相关 (相关系数 -0.31, 通过 0.001 的显著性水平检验), 所以降水 K 值与沙尘天气对应关系不好, 11 月份尤其明显; 3、4 和 5 月是一年中沙尘天气最多的季节, 而降水较少, 达到测定降水 K 值的样本数有限, 对应关系也不好, 但大的变化趋势却基本一致。从图 6 可以看出, 季平均 K 值与季沙尘日数变化趋于一致, 计算

两者的相关性, 相关系数为 0.35, 为正相关关系, 没有通过 0.5 的相关性检验, 相关关系不显著。

为进一步说明降水 K 值与沙尘天气的关系, 分出现降水并测定降水 K 值的当日或前一日出现沙尘天气和没出现沙尘天气两种情况统计计算平均 K 值, 得出有沙尘天气平均 K 值为 72.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 无沙尘天气平均 K 值为 56.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 即有沙尘天气出现降水测定的 K 值比无沙尘天气出现降水测定的 K 值明显偏大, 说明沙尘天气使降水的 K 值趋于增大。沙尘天气强弱与风速呈较高的正相关性, 用风速指标来分析沙尘与降水 K 值的关系具有一定的说服力, 且计算所有样本间降水 K 值与最大风速的相关系数为 0.18, 通过 0.001 的显著性水平检验, 说明沙尘天气使降水 K 值趋于增大。

综合以上分析认为, 沙尘天气可污染降水, 使降水导电性增强, K 值增大。

4 小结

- 1) 民勤地区 1993—2012 年共监测到 9 次酸雨, 其中 1 次为强酸雨, 其它 8 次为弱酸雨。降水 pH 的变化幅度小, 出现酸雨的频率小, 只有 2.2%。年际间酸雨有增多增强的趋势, 季际间夏季出现酸雨最多, 共出现 4 次, 但由于夏季降水多, 酸雨出现的频率远低于只出现 1 次酸雨的冬季。
- 2) 民勤地区降水 pH 和 K 值与沙尘天气有一定的关系, 沙尘天气使降水 pH 趋于增大, 在一定程度上减弱了酸雨的发生。沙尘天气使降水 K 值趋于增大, 说明降水可溶解沙尘中的离子, 使降水的导电性增强。

参考文献:

- [1] 中国气象局. 酸雨观测业务规范[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 1-24.
- [2] 杨淑娴, 张荣良, 姚素兰. 内蒙古西部酸雨的监测和分析[J]. 气象, 1988, 14(10): 39-44.
- [3] 吴芝芳, 李柱国, 华瑶芳. 杭州酸雨与气象条件的关系及污染源的分析[J]. 气象, 1987, 13(4): 22-25.
- [4] 俞绍才, 蔡小平, 陈小江, 等. 厦门酸雨与气象要素的关系及污染源的分析[J]. 气象, 1994, 20(5): 20-23.
- [5] 桑建人, 刘玉兰. 银川市可吸入颗粒物(PM10)来源解析[J]. 气象科学, 2005, 25(1): 40-47.
- [6] 张新民, 柴发合, 王淑兰, 等. 中国酸雨研究现状[J]. 环境科学研究, 2010(5): 527-532.
- [7] 吴洪颜, 濮梅娟, 商兆堂, 等. 江苏省 2006 年酸雨分布特征及其与气象条件的关系分析[J]. 气象科学, 2008, 28(5): 563-567.
- [8] 蒋名淑, 施丹平, 陈彦. 近 5 a 江苏省苏南五市酸

低温弱光对西葫芦幼苗的光合响应研究

席晓飞, 马正龙, 许辉欣

(甘肃省酒泉市农业科学研究院, 甘肃 酒泉 735000)

摘要: 以西葫芦品种翡翠2号、特选丰抗旱、美胡2号、特早美玉、百盛2号为试材, 研究了低温15℃/8℃(昼/夜)、弱光8 000 Lx 光照强度处理对西葫芦幼苗的光合响应的影响。结果表明, 低温弱光处理下生长的幼苗, 与日光温室中正常生长的幼苗相比较, 5个品种的西葫芦幼苗净光合速率、气孔导度、叶绿素含量均有不同程度下降, 胞间CO₂浓度有所升高。供试西葫芦品种特选丰抗旱综合指数表现良好, 可作为较适合酒泉市设施栽培的品种推广。

关键词: 西葫芦; 低温弱光; 光合响应

中图分类号: S642.6; S184 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)04-0030-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2015.04.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2015.04.009)

Study on Low Temperature and Weak Light on Photosynthetic Response of Zucchini

XI Xiao-fei, MA Zheng-long, XU Hui-xin

(Jiuquan Institute of Agricultural Sciences, Jiuquan Gansu 735000, China)

Abstract: Using Jade 2, Texuanfengkangzao, Meihu 2, Tezaomeiyu, Baisheng 2 as the test material, to study the 15℃/8℃(day/night) low temperature, 8 000 Lx light intensity on photosynthetic response to light the pumpkin seedlings in the sunlight greenhouse. The result shows that the plants of normal growth compared, the net photosynthetic rate, stomatal conductance, chlorophyll content of five varieties of squash seedling has different rate drop, the intercellular CO₂ concentration increases under the low temperature of weak light. The Texuanfengkangzao of five squash varieties is suitable for facility culture squash variety in Jiuquan city.

Key words: Zucchini; Low temperature and weak light; Photosynthetic response

西葫芦别名白瓜、番瓜、美洲南瓜、冬瓜、三月瓜等^[1-2], 一年生草质藤本(蔓生)蔬菜作物, 由于其生长周期短、较耐储运、产量高等优点, 在我国南北方均有种植。因其品质优、风味佳、营养丰富而深受消费者青睐^[3-4]。目前, 西葫芦

已经成为设施栽培的主要蔬菜作物种类之一, 但西葫芦栽培对温度的要求极为严格, 不同程度的低温弱光胁迫, 对西葫芦的生长、光合作用、碳和氮代谢、酶活性和干物质积累产生不同程度的影响, 导致生理活动失调, 同时导致化瓜、沤

收稿日期: 2015-01-04

作者简介: 席晓飞(1979—), 男, 陕西宝鸡人, 助理研究员, 主要从事瓜菜新品种选育及推广工作。E-mail: 87510522@qq.com

执笔人: 马正龙

- 雨分布特征分析[J]. 气象科学, 2011, 31(增刊): 99-104.
- [9] 封红, 何宗健, 游海, 等. 南昌市酸雨污染特征分析[J]. 南昌大学学报(工科版), 2003, 25(1): 30-32.
- [10] 金腊华. 东广州地区酸雨特征及其对植物的影响研究. 城市环境与城市生态, 2002, 15(6): 11-13.
- [11] 杨浩明, 王体健, 程炜, 等. 华东典型地区大气硫沉降通量的观测和模拟研究[J]. 气象科学, 2005, 25(6): 560-568.
- [12] 林长城, 林祥明, 邹燕, 等. 福建福州气象条件与酸雨的关系研究[J]. 热带气象学报, 2005, 21(3): 330; 336.
- [13] 巴金, 杨洁, 王淑凤. 重庆地区近10年酸雨时分布和季节变化特征分析[J]. 气象, 2008, 34(9): 82-85.
- [14] 王文兴. 中国酸雨成因研究[J]. 中国环境科学, 1994, 14(5): 324-329.
- [15] 朱晓炜, 李栋梁, 李耀辉. 民勤年沙尘暴发生频次研究[J]. 干旱气象, 2010, 28(4): 401-406.
- [16] 王宝鉴, 张强, 张杰. 对民勤绿洲生态退化问题的探讨[J]. 干旱气象, 2004, 22(4): 87-92.

(本文责编: 陈珩)