

环境生态与土壤资源

——郑泽厚文集



中国出版集团



世界图书出版公司

环境生态与土壤资源

——郑泽厚文集

郑泽厚 著

中国出版集团

世界图书出版公司

广州·上海·西安·北京

图书在版编目(CIP)数据

环境生态与土壤资源:郑泽厚文集/郑泽厚著. —广州:世界图书出版广东有限公司, 2013. 12

ISBN 978-7-5100-7283-3

I. ①环… II. ①郑… III. ①环境生态学—文集 ②土壤资源—文集
IV. ①X171-53 ②S159-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 308986 号

环境生态与土壤资源——郑泽厚文集

策划编辑 胡一捷

责任编辑 杨力军

封面设计 李燕妮

编辑邮箱 stxscb@163.com

出版发行 世界图书出版广东有限公司

地 址 广州市新港西路大江冲 25 号

电 话 020-84459702

印 刷 武汉三新大洋数字出版技术有限公司

规 格 787mm×1092mm 1/16

印 张 28.75

字 数 580 千

版 次 2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5100-7283-3/X·0037

定 价 99.00 元

版权所有,翻印必究

福建师范大学图书馆惠存

校友

郑泽厚敬赠

二〇一四年三月

于湖北大学

序

郑泽厚教授将他多年科学研究的散篇论著汇集为《环境生态与土壤资源》文集，约我在文集前面写几句话。我虽年过耄耋，早已离开讲坛书案，种花赏月，颐养天年，但与之共事近四十载，知其心，见其志，我应当藉此机会说句我该说的话。

经过十年浩劫洗礼，国家领导人意识到“大学还是要办的”，湖北大学（前身武汉师范学院）地理学专业得以重启炉灶。重建地理学系有一个重要任务：将以往《普通自然地理学》改开部门自然地理学，其中《土壤地理学》由郑泽厚主动主讲，这样从课程设置架构上，不仅结束了一门课程多位教师接力教学不正常局面，更为重要的是夯实了专业基础。在课程建设上，郑泽厚用了心、流了汗、出了力，遴选野外现场教学点，筹建土壤理化实验室，无不克勤克俭，将“传道，授业，解惑”寓于教学实践活动之中。

一九七九年《全国农业资源与综合区划》项目的实施，同样给郑泽厚带来科学的春天。“土能生万物。”土壤普查是该项目重点课题之一。郑泽厚以全省科学顾问团成员的身份，始而参加神农架亚高山土壤垂直分布的考察，继而考察了武当中山区、鄂北岗地区、大别中山低山区、鄂东长江两岸湖泊湿地、鄂东南红岩盆地，以及皖、赣、苏诸省、市。神农架主峰海拔 3105.4 米，相对高差 3000 米，号称“华中第一峰”。郑泽厚的神农架土壤垂直分布规律研究成果和其他土壤研究成果，为全省划分地带性和非地带性的土类、亚类，编制湖北土壤普查分类方案，提供了土壤地理学重要依据，为各县、市、区有序开展土壤普查工作，为全省农业“拨乱反正”作出了重要贡献！

古人所说的“万物”主要指的是“活的有机体”。郑泽厚调查研究甚广较深。他以栽培植物为主体对象，既有旱耕土壤、水耕土壤，也有森林土壤、草甸土壤；既研究土壤营养元素、重金属污染，更研究江河湖泊消涨、酸雨对土壤性状的影响。尤为可贵的是：郑泽厚研究的对象不仅是具有肥力特性的土壤，对活的有机体生存条件的考察，还注重对有机体赖以营生的环境之间相互关系分析，实际是对考察立地“生境”作生态系统研究，即生境利用结构是否最佳化，经济效益是否最大化。他所提出的合理开发利用、综合整治、保护制度等建议，易为当地官民理解、接受。郑泽厚的教学成绩和科研成果表明，他不愧为湖大地理学专业一名教科型教师。

荆楚大地幅员辽阔，地跨我国亚热带与温带、地势第一级阶梯与第二级阶梯，生

境的自然因素与人文因素复杂多样,成土的年龄与开发利用方式不一,郑泽厚是开创湖北土壤地理学先河之一。如何进一步因地制宜、因时制宜、因市制宜,可持续利用生境营生功能,造福人民大众,应该说潜力巨大,大有可为。祝愿郑泽厚教授论著之后,有更多学子投身于荆楚土壤资源、生态环境的科学研究!

方辉亚

2013 年 10 月于湖北大学

前 言

这本书终于如愿付梓,其字里行间印满了我搞一个又一个课题跋山涉水的足迹,可以说它凝聚了我到湖北大学 35 年来为科研付出的大量心血!

本书收录的 32 篇学术论文,全部是本人执笔撰写的、排名为第一作者的文章。其中 31 篇是在国内正式刊物、正式出版论文集和全国学术研讨会论文汇编发表的论文,另一篇题为“武汉市城市园林生态模式构建与布局研究”,是武汉市环境保护科学研究院在 2005 年 9 月完成并通过专家鉴定的《武汉城市气候改善与宜居环境优化研究》项目的子课题总结,我是子课题负责人执笔撰写了这篇总结,现放在本书中属首次发表。本书最后列出我发表的 53 篇学术论文目录,其中几篇是我在湖大生态研究所指导我的研究生完成并经我修改的论文;有几篇是作者参与了本人课题部分工作,运用课题实验数据撰写的论文,但这些论文不由我执笔,其署名我是第二或第三作者,故未收录本书中。收录在本书第三篇的两份获奖科研总结报告,亦属首次发表。这两份报告由课题组成员分章执笔起草,最后由我对各章修改、补充,对整个报告统稿。这里需指明的是,本书实际上也是对我带领的团队科研成就的展示,凡参与我课题的老师 and 研究生均对书中许多成果作出了重要贡献,鉴于此,书中每篇论文和课题总结报告的作者均注明了他们的姓名,作者排名顺序按当时期刊发表论文排名顺序未变。

值此本书完成编纂、即将出版之际,我会永远记住对本书予以热情关怀和大力帮助的人们!首先我衷心感谢方辉亚教授,他是我省地质地理学界和农业区划的知名学者,是本校地理专业创建人之一,德高望重,现耄耋之年欣然挥笔为本书作序,我深感荣幸!记得 1978 年春季,经华中师范大学地理系李景铨教授推荐和本校地理系方辉亚主任聘任,我调进湖北大学任教,从此改变了我的人生轨迹,这才可能在今天有这本书面世!

这里我要特别鸣谢:承蒙湖北大学资源环境学院将本书出版作为我校“湖北省地理学重点(培育)学科”建设项目之一,予以热情赞助!回想在 2004 年 3 月资源环境学院组建初期,我受李兆华院长之聘到该院任教三年,随后又在该院担任了四年的教学督导员,这期间受到该院领导与老师关怀帮助,借此机会我向他们深表谢忱!

为编纂出版这本书,中国出版集团世界图书出版公司武汉编辑部杨力军主任、邢

小芹排版员鼎力支持,编辑工作非常辛苦;武汉大学资源与环境科学学院洪松教授、博士生导师安排其博士生康平、宫玺和硕士生梁爽、李星、王林裴为本书论文、报告扫描、校对;中国地质大学(武汉)环境学院罗泽娇教授和她的硕士生胡三荣、张坚、李冉为本书论文绘图、转换文件格式并校对;湖北大学外国语学院法语系 2010 级同学程瑶、邓思瑞、秦晋、李冉琪、汤冰蓉为书中课题总结报告打字并绘图。对于上述这些同志的热情帮助、辛勤操劳,谨此一并致以诚挚的谢意!

郑泽厚

2013 年 11 月于湖北大学

目 录

第一篇 环境生态篇

湖北农村降水中 SO_4^{2-} 浓度近两年变化研究	3
湖北降水中的硫及其对农田生态的影响	11
长江中下游降雨中硫的含量分布及其对土壤硫的影响	18
三峡工程对鄂东长江两岸湖泊与土壤的影响	28
三峡工程对武湖地区生态环境影响及其对策	38
湖北省武湖地区生态环境整治策略的研究	46
广水市城郊农业环境质量现状及评价	54
中国生态环境问题及对策	60
对长江上中游流域生态重建问题的思考	66
鄂城平原湖区地下水对土壤理化性状的影响	71
涨渡湖区地下水对土壤生态的影响	80
新洲县东部低山丘陵水土流失的研究	86
湖北农业可持续发展的途径	95
湖北省武湖地区农业生态经济结构优化研究	101
论旅游生态经济学的理论体系	106
试论旅游经济与环境保护的关系——以香溪河风景线为例	114
旅游环境学若干问题之探讨	120
论旅游生态经济学的几个问题	124
武汉市城市园林生态模式构建与布局研究	130

第二篇 土壤资源篇

湖北新构造运动对神农架山地土壤形成的影响	149
湖北崇阳盆地母质特性对土壤的影响	155
鄂北豫西南第四纪地层中的古土壤问题	160
神农架森林土壤特性及其垂直分布规律探讨	164
湖北黄褐土形成问题的初步研究	171
鄂东南红砂岩棕壤岗地的合理利用问题——以崇阳县为例	174

川东山地土壤的微形态特征	180
神农架山地土壤的微形态研究	191
土壤微形态学在第四纪研究中的应用	199
湖北三种土壤施硫对油菜、大白菜和花生的效应	204
黄棕壤施硫效应及其硫素淋溶迁移特性研究	215
广水市农业自然资源合理开发利用的途径	222
湖北安陆市农业自然资源开发利用研究	226

第三篇 获奖成果篇

三峡工程对鄂东长江两岸湖泊与土壤的影响总结报告	235
武湖涨渡湖地区土地开发与生态环境优化模式研究总结报告	335
郑泽厚发表的学术论文目录	446

环境生态篇



湖北农村降水中 SO_4^{2-} 浓度近两年变化研究

摘 要:在湖北农村 10 个地点,利用澳大利亚集雨器自 1996 年 1 月至 1998 年 6 月,按季度采集大气降水样品测定 SO_4^{2-} 浓度,并对数据进行统计分析。研究结果表明,各地 1997 年降水中 SO_4^{2-} 浓度年均值比 1996 年显著升高;大多数地点 1996 年、1997 年、1998 年 1 季度和 2 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度呈逐年升高趋势;大多数地点每年 1、4 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度高,2、3 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度低,说明湖北农村降水中的硫对秋冬作物影响比对春夏作物影响大;湖北农村降水中 SO_4^{2-} 浓度近两年不仅有时间变化规律,而且同一季度内的地区差异也很明显,在 1996 年和 1997 年 8 个季度 10 个点的降水 SO_4^{2-} 浓度最大值中,有 4 个最大值出现在襄樊,它是目前湖北继宜昌市区、恩施市区之后又一个酸雨发展较快的地区。

关键词:湖北农村 降水 硫酸根 酸雨

文献标识码:A

近两年我国酸雨污染加剧,尤以华中酸雨区污染最严重,湖北处在此范围内。由于我国酸雨是以硫酸根占绝对优势的硫酸型酸雨,其硫酸根与硝酸根的当量浓度之比约为 $64:1^{[1]}$,故大量排放二氧化硫是我国形成酸雨的主要原因。据国家环境保护局 1997 年 5 月和 1998 年 6 月发布的我国环境状况公报,1996 年我国县及县以上工业二氧化硫排放量为 1397 万 t,1997 年工业二氧化硫排放量达到 1852 万 t(占全国二氧化硫排放总量的 78.9%),一年就增加 455 万 t。湖北省 1997 年工业二氧化硫排放量 48.35 万 t(占全省二氧化硫排放总量的 80.8%),比 1996 年工业二氧化硫排放量增加 9.51 万 t,1998 年工业二氧化硫排放量为 49.16 万 t(占全省二氧化硫排放总量的 86.4%),比 1997 年工业二氧化硫排放量增加 0.81 万 t。这说明,无论从全国还是从湖北来看,工业二氧化硫排放量逐年增加,是我国目前酸雨污染呈发展趋势的根本原因。

在我国,对酸雨的监测几乎全部是由市、县两级环境监测站采集城区降水来进行测定的,例如湖北就有 11 个城市酸雨监测点,然而同一区域城乡降水中化学组分并

* 作者:郑泽厚,方满,金涛,朱俊林,王宏志,吴胜军,王少平。

原载《长江流域资源与环境》2000 年 5 月第 2 期;P. 248—253。

本文系国家科委立项,澳大利亚国际农业研究中心和湖北省教委资助的中澳国际合作项目部分成果。

不是一样的,在广大农村监测降水 pH 值及 SO_4^{2-} 浓度不仅是研究大气污染对农业环境与生态影响的一项重要手段,而且可为研究区域降水中酸性离子与 pH 值关系提供重要数据。我们在与澳大利亚新英格兰大学共同承担澳大利亚国际农业研究中心(ACIAR)资助的 7658 号项目时,为了研究湖北农村降水中 SO_4^{2-} 对土壤有效硫的贡献,特在全省按原地区设置了 10 个降水采集点(集雨点),从 1996 年 1 月 1 日至 1998 年 6 月 30 日,在两年 6 个月时间里,按季度采集大气降水并分析其 SO_4^{2-} 浓度。兹将这两年湖北农村降水中 SO_4^{2-} 浓度变化规律总结如下。

1 采样与测试方法

1.1 采样地点与采样方法

按湖北原 8 个地、市范围,均匀布置了兴山、当阳、郧县、襄樊、沙市、孝昌、武汉西郊、武汉湖大、崇阳、罗田等 10 个降水采集点(集雨点),大气降水采样工作均在远离城镇的农村(包括农场、良种场、农科所等地)进行。根据中澳双方科研合作协议,在上述各点安装了澳大利亚集雨器,由各点采样人按 1 季度(1 月 1 日至 3 月 31 日)、2 季度(4 月 1 日至 6 月 30 日)、3 季度(7 月 1 日至 9 月 30 日)、4 季度(10 月 1 日至 12 月 31 日)收集降水样品。集雨器上装有两节可分别吸附阴阳离子的树脂管。每个季度第一天,由各点采样人用于净树脂管将集雨器上已吸附 3 个月降水中离子的树脂管取换下来,并用螺旋盖将其两端口盖紧,再寄给我们作 SO_4^{2-} 测定^[2]。

1.2 测试方法

降水中 SO_4^{2-} 浓度先经澳大利亚新英格兰大学农学与土壤科学系实验室用 ICP 法测定,后由湖北大学生态所实验室在 722 型分光光度计上进行比浊分析,后者分析数据经过澳方用 ICP 校核。测试时,先将吸附 SO_4^{2-} 等阴离子的树脂管接在洗提装置上,用 2mol/L HCl 溶液浸泡树脂过夜,次日先后用 2mol/L HCl 和蒸馏水按每 10 秒 1 滴速度对树脂进行洗提,定容至 200ml,随后对洗提液进行 SO_4^{2-} 测定,最后应用集雨器上接水漏斗面积和各集雨点采样季度降水量,计算该季度降水中 SO_4^{2-} 浓度值。

2 结果与分析

2.1 湖北各地降水中 SO_4^{2-} 浓度年际变化特征

湖北农村各集雨点 1996 年和 1997 年降水中 SO_4^{2-} 浓度年均值、标准差、极差、变异系数及 t 检验结果见表 1。

表 1 湖北各地 1996、1997 年降水中 SO_4^{2-} 浓度年均值、标准差、极差、变异系数及 t 检验结果

	1996 年			1997 年			t 值	$t_a(a)$ 值
	$\bar{x} \pm S(n=4)$ ($\mu\text{eq/L}$)	R ($\mu\text{eq/L}$)	CV (%)	$\bar{x} \pm S(n=4)$ ($\mu\text{eq/L}$)	R ($\mu\text{eq/L}$)	CV (%)		
兴 山	68.0 $\pm$ 66.816	150.5	98.2	127.0 $\pm$ 93.075	175.6	73.3	1.0299	0.7176(0.25)
当 阳	37.0 $\pm$ 15.619	33.5	42.4	84.9 $\pm$ 37.551	71.7	44.2	2.3544	1.9432(0.05)
郧 县	103.5 $\pm$ 129.608	272.7	125.2	219.5 $\pm$ 122.662	253.1	55.9	1.3001	0.7176(0.25)
襄 樊	68.0 $\pm$ 51.904	111.5	76.3	227.6 $\pm$ 163.360	346.8	71.8	1.8623	1.4398(0.10)
沙 市	56.0 $\pm$ 28.911	61.6	51.6	155.8 $\pm$ 91.533	203.1	58.8	2.0794	1.9432(0.05)
孝 昌	44.6 $\pm$ 12.391	28.8	27.8	129.0 $\pm$ 125.486	265.6	97.3	1.3386	0.7176(0.25)
武汉西郊	58.9 $\pm$ 36.541	68.4	62.0	121.4 $\pm$ 102.931	235.8	84.8	1.1444	0.7176(0.25)
武汉湖大	28.2 $\pm$ 18.014	41.6	63.9	119.8 $\pm$ 74.658	173.9	62.3	2.3854	1.9432(0.05)
崇 阳	47.8 $\pm$ 37.169	80.0	77.8	115.3 $\pm$ 35.576	79.7	30.9	2.6239	2.4469(0.025)
罗 田	38.9 $\pm$ 26.371	56.5	67.8	132.6 $\pm$ 96.746	219.1	72.9	1.8688	1.4398(0.10)

由表 1 可见,湖北农村 10 个集雨点 1997 年降水中 SO_4^{2-} 浓度年均值皆比 1996 年年均值有大幅度升高,从表 1 中 1996、1997 年各点标准差、极差、变异系数来看,多数地点年内降水中 SO_4^{2-} 浓度值离散程度大,各季降水含硫量变化较大。对各点 1996 年和 1997 年的年均值进行 t 检验,结果表明 10 个点均为 $t > t_a$,这说明各地 1997 年和 1996 年降水中 SO_4^{2-} 浓度两个总体均值之间存在显著差异。仅从 1997 年年均值看,襄樊、郧县、沙市三地农村年降水 SO_4^{2-} 含量增加显著。《1997 年湖北省环境状况公报》指出,1997 年襄樊市降水 pH 值年均值低于 5.60,这是近年来少见的现象;全省有 7 个城市检出酸雨,其中荆州(含沙市)酸雨检出率达到 20 %;与 1996 年相比,降水酸雨检出率升高,全省城市酸雨发展速度较快,呈逐年增加趋势。虽然硫沉降(SO_4^{2-})不同于酸(H^+)沉降,且降水的酸性并不完全决定于酸性离子(SO_4^{2-} 、 NO_3^- 等)的绝对含量,而是与降水中所含离子的相对浓度有关,换言之,降水 pH 值还受到降水中碱性离子(Ca^{2+} 、 NH_4^+ 等)浓度的影响,但表 1 显示的湖北各地 1997 年降水中 SO_4^{2-} 浓度年均值明显高于 1996 年,这与湖北省环保局公布的 1997 年降水酸雨检出率高于 1996 年状况是一致的,说明湖北近两年酸雨发展较快很可能与各地降水中 SO_4^{2-} 浓度升高有关,也就是说,与工业 SO_2 排放量逐年增加有关。

2.2 湖北各地不同年份 1、2 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度变化特征

通常而言,湖北各地每年同一季度降水量、风向、气温等气象条件比较接近,故用不同年份 1、2 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度相比较,亦可反映各地降水中 SO_4^{2-} 含量变化趋势。湖北农村各集雨点 1996、1997、1998 年不同年份 1、2 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度差值见表 2。

表 2 湖北各地不同年份 1、2 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度差值 ($\mu\text{eq/L}$)

	兴山	当阳	郧县	襄樊	沙市	孝昌	武汉西郊	武汉湖大	崇阳	罗田
1997 年 1 季度与 1996 年 1 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度差	29.9	65.0	2.3	262.1	102.4	4.0	6.1	61.1	29.0	53.6
1998 年 1 季度与 1997 年 1 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度差	15.5	54.2	-4.0	83.0	83.4	3.9	2.7	16.8	21.9	39.5
1997 年 2 季度与 1996 年 2 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度差	5.4	4.5	49.9	72.8	18.5	5.3	5.6	24.3	41.4	31.0
1998 年 2 季度与 1997 年 2 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度差	3.6	1.8	47.0	35.5	11.7	-34.8	1.6	11.6	17.9	3.6

由表 2 可见,除郧县 1998 年 1 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度比 1997 年 1 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度低(出现负值),以及孝昌 1998 年 2 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度比 1997 年 2 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度低(出现负值)外,其他各点 1、2 季度降水中 SO_4^{2-} 浓度从 1996 年至 1998 年均呈逐年增加趋势。

2.3 湖北各地各季降水中 SO_4^{2-} 浓度最大值与最小值分布特征

湖北农村 10 个集雨点各季降水中 SO_4^{2-} 浓度的最大值、最小值、出现季度以及季度降水量占年降水量百分比见表 3。

表 3 湖北各地 1996 年 1 月至 1998 年 6 月各季降水中 SO_4^{2-} 浓度最大值与最小值 ($\mu\text{eq/L}$)

	兴山	当阳	郧县	襄樊	沙市	孝昌	武汉西郊	武汉湖大	崇阳	罗田
降水中 SO_4^{2-} 浓度最大值	219.1	166.5	346.8	490.4	273.9	314.2	270.8	210.1	144.0	273.6
最大值出现季度	1997 年 4 季度	1998 年 1 季度	1997 年 4 季度	1998 年 1 季度	1997 年 3 季度	1997 年 4 季度	1997 年 4 季度	1997 年 4 季度	1998 年 1 季度	1997 年 4 季度
降水中 SO_4^{2-} 浓度最小值	14.8	13.8	24.6	33.8	16.5	13.8	25.4	11.9	13.1	10.4
最小值出现季度	1996 年 3 季度	1996 年 3 季度	1996 年 3 季度	1996 年 3 季度	1996 年 3 季度	1998 年 2 季度	1996 年 3 季度	1996 年 2 季度	1996 年 3 季度	1996 年 3 季度
1996 年 1、4 季度降水量之和占年降水量百分比(%)	22.9	22.4	24.1	32.8	24.9	28.2	30.6	36.8	25.4	24.0
1996 年第 3 季度降水量占年降水量百分比(%)	42.9	55.4	44.7	41.9	46.5	45.3	33.8	27.2	40.7	40.6

由表 3 可见,10 个集雨点 1996 年 1 月至 1998 年 6 月各季降水 SO_4^{2-} 浓度中,最大值为 $490.4\mu\text{eq/L}$,出现在襄樊 1998 年第 1 季度,除沙市点外,其余各点降水中 SO_4^{2-} 浓度最大值均出现在 1997 年第 4 季度或者 1998 年第 1 季度。另一方面,除孝昌与武汉湖大点外,其余各点季降水 SO_4^{2-} 浓度最小值均出现在 1996 年第 3 季度。分析最大值与最小值分布特征的原因是:每年 1 季度和 4 季度均为各地工业与城镇居民生活用煤高峰期,是燃煤排放大量 SO_2 季节,同时又是湖北各地一年中降水量偏少季节,各地 1996 年 1、4 两个季度降水量之和占全年降水量均在 37% 以下,其中 7 个点在 30% 以下(表 3),同样,各地 1997 年 1、4 季度降水量也偏少。由于每年 1、4 季度废气中排放的 SO_2 总量最多,又是一年降水量最少季节,故易出现季度降水中 SO_4^{2-} 浓度最大值。另一方面,每年 3 季度(7—9 月)是湖北各地一年中降水最多季节,有 8 个点 1996 年第 3 季度降水量占年降水量均在 40% 以上(表 3),故降水中 SO_4^{2-} 浓度最小值多出现在这一季度。然而必须指出的是,湖北 1997 年工业 SO_2 排放量比 1996 年增加 24.49%,这是绝大多数集雨点季度降水 SO_4^{2-} 浓度最大值出现在 1997、1998 年,而最小值出现在 1996 年,降水中 SO_4^{2-} 浓度呈逐年升高的根本原因。

2.4 1996 年和 1997 年各季度湖北 10 个点降水中 SO_4^{2-} 浓度均值特征

1996 年和 1997 年各季度湖北 10 个集雨点降水中 SO_4^{2-} 浓度均值、标准差、极差、变异系数及表 t 检验结果见表 4,这两年各季度 10 个点中降水 SO_4^{2-} 浓度最大值及其出现地点见表 5。

表 4 1996 年、1997 年各季度湖北 10 个点降水中 SO_4^{2-} 浓度均值、标准差、极差、变异系数及 t 检验结果

	1996 年			1997 年			t 值	$t_\alpha(a)$ 值
	$\bar{x} \pm S(n=10)$ ($\mu\text{eq/L}$)	R ($\mu\text{eq/L}$)	CV (%)	$\bar{x} \pm S(n=10)$ ($\mu\text{eq/L}$)	R ($\mu\text{eq/L}$)	CV (%)		
1 季度	104.62 ± 80.457	269.8	76.9	166.17 ± 110.080	353.0	66.2	1.4276	1.3304(0.10)
2 季度	35.92 ± 13.429	40.4	37.4	61.79 ± 27.426	86.8	44.4	2.6788	2.5524(0.01)
3 季度	20.03 ± 7.606	23.4	37.9	140.41 ± 89.794	270.3	63.9	4.2241	2.8784(0.005)
4 季度	59.81 ± 16.098	52.7	26.9	204.74 ± 97.632	286.2	47.7	4.6317	2.8784(0.005)

表 5 1996 年、1997 年各季度湖北 10 个集雨点降水中 SO_4^{2-} 浓度最大值($\mu\text{eq/L}$)及出现地点

	1996 年 1 季度	1996 年 2 季度	1996 年 3 季度	1996 年 4 季度	1997 年 1 季度	1997 年 2 季度	1997 年 3 季度	1997 年 4 季度
10 个点中 最大值	297.3	52.3	33.8	93.8	407.4	121.8	320.6	346.8
出现地点	郧县	沙市	襄樊	武汉西郊	襄樊	襄樊	襄樊	郧县